

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Тактика тушения пожара на объекте торговли</b>

УДК 614.842.65:339.372.843(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е71	Абдуллина Алина Руслановна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Жиронкин С.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

Томск – 2021 г.

## Планируемые результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
ДОПК(У)-1	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения объектов защиты
ПК(У)-14	Способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду
ПК(У)-15	Способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации
ПК(У)-16	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов
ПК(У)-17	Способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска
ПК(У)-18	Готовность осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
20.03.01 Техносферная безопасность  
\_\_\_\_\_ А.Н. Вторушина  
04.02.2021 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Абдуллина Алина Руслановна

Тема работы:

Тактика тушения пожара на объекте торговли	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 22.04.2021 №22-73/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2021 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования торгово-развлекательный центр (далее – торговый центр) «Космос», расположенный по адресу: Красноармейская ул., 101Б, Томск, Томская обл., Россия, 634034. Предмет исследования – тактика тушения пожара в торговом центре.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования;</i></p>	<p>1. изучить состояния дел в области обеспечения противопожарной защиты объектов торговли (прежде всего, торгово-развлекательных центров), выполнить анализ соблюдения требований норм, планирование организации тушения пожара;</p>

<p><i>содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>2. проанализировать статистические данные по пожарам на объектах торговли, изучить описания произошедших пожаров;</p> <p>3. выполнить расчет требуемого и фактического времени эвакуации людей на случай возникновения расчетного пожара;</p> <p>4. выполнить расчет сил и средств, необходимых для тушения пожара на объекте;</p> <p>5. предложить мероприятия по предупреждению и ликвидации пожаров в торговых центрах.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p><b>Профессор отделения социально-гуманитарных наук</b> <b>Жиронкин Сергей Александрович</b></p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p><b>Профессор отделения общетехнических дисциплин</b> <b>Федорчук Юрий Митрофанович</b></p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>04.02.2021 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОКД</p>	<p>Амелькович Ю.А.</p>	<p>к.т.н.</p>		<p>04.02.2021 г.</p>

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>1Е71</p>	<p>Абдуллина Алина Руслановна</p>		<p>04.02.2021 г.</p>

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Уровень образования бакалавриат  
Отделение контроля и диагностики  
Период выполнения весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.02.2021 г.	Введение в работу	20
02.03.2021 г.	Сбор материала об объекте исследования	10
27.03.2021 г.	Составление литературного обзора	15
09.04.2021 г.	Анализ статистических данных по пожарам на объектах торговли	15
26.04.2021 г.	Расчет и аналитика условного пожара, и сил и средств для его тушения	10
11.05.2021 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2021 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		04.02.2021

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2021

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1E71	Абдуллина Алина Руслановна

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОКД</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	20.03.01 Техносферная безопасность

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности исследования получения полиметилметакрилата суспензионным способом</i>
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. <i>Матрица SWOT</i>	
2. <i>График проведения НИИ</i>	
3. <i>Определение бюджета НИИ</i>	
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Жиронкин Сергей Александрович	Доктор экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1E71	Абдуллина Алина Руслановна		

Томск – 2021

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1E71	Абдуллина Алина Руслановна

<b>ШКОЛА</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОКД</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

**Тема дипломной работы: «Тактика тушения пожара на объекте торговли»**

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Торговый центр «Космос». Рабочей зоной является многоэтажное здание, представляющее собой торгово-развлекательный комплекс.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Природа воздействия</li> <li>• Действие на организм человека</li> <li>• Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов)</li> <li>• СИЗ коллективные и индивидуальные</li> </ul> 1.2. Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Термические источники опасности</li> <li>• Электробезопасность</li> <li>• Пожаробезопасности</li> </ul>	Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</li> <li>• Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> <li>• ЭМИ, ПДУ, СКЗ, СИЗ</li> </ul> Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R<sub>заземления</sub>, СКЗ, СИЗ;</li> <li>• Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы в окружающую среду</li> <li>• Решения по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов) и способы их утилизации;
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>• разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>• разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия

	по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
<b>4. Перечень нормативно-технической документации.</b>	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		23.05.2021 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е71	Абдуллина Алина Руслановна		23.05.2021 г.



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 127 стр., 47 источник, 14 рисунков, 21 таблица.

Ключевые слова: ПОЖАР, ТАКТИКА, ТУШЕНИЕ, ЭВАКУАЦИЯ, УЩЕРБ.

Объектом исследования является торгово-развлекательный центр (далее – торговый центр) «Космос», расположенный по адресу: Красноармейская ул., 101Б, Томск, Томская обл., Россия, 634034.

Предмет исследования – тактика тушения пожара в торговом центре.

Цель работы – оценка сил и средств, необходимых для тушения пожара на объекте торговли (на примере торгово-развлекательного центра г. Томска).

В процессе исследования будут решены следующие задачи:

- изучено состояние противопожарной защиты торговых центров и основные проблемы обеспечения их пожарной безопасности;
- проанализированы вопросы организации и тактики пожаротушения на объектах торговли;
- рассмотрен сценарий условного пожара, произошедшего в помещении игровой комнаты рассматриваемого торгового центра, определены необходимые силы и средства для его тушения, установлен автоматический номер вызова на пожар в гарнизоне пожарной охраны;
- выполнен гидравлический расчет рукавных систем при установке автомобилей на пожарные гидранты;
- проанализированы вопросы эвакуации людей из игровой комнаты, определено критическое время наступления опасных факторов пожара и фактическое время эвакуации людей;
- предложены мероприятия по предупреждению и ликвидации пожаров в торговых центрах;
- выполнена оценка вероятного ущерба от пожара;

- проанализированы основные вопросы социальной ответственности: расчет необходимого количества средств индивидуальной защиты, огнетушителей, опасных факторов пожара, системы дымоудаления для автомобильной парковки, освещенности игровой зоны, проработаны вопросы антитеррористической защищенности.

Степень внедрения: начальная.

В будущем планируется продолжить детальную разработку с последующим внедрением результатов в оперативный план тушения пожара на соответствующий объект.

## СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ .....	9
ВВЕДЕНИЕ .....	15
1 ТАКТИКА ТУШЕНИЯ ПОЖАРА НА ОБЪЕКТАХ ТОРГОВЛИ .....	18
1.1 Пожарная безопасность ТЦ .....	29
1.1.1 Атриумы и пассажи в ТЦ .....	29
1.1.2 «Островковый» способ торговли в ТЦ .....	30
1.1.3 Деление объектов торговли противопожарными преградами .....	31
1.1.4 Игровые зоны в ТЦ .....	32
1.1.5 Противопожарная защита антресолей в ТЦ .....	33
1.1.6 Зоны высоко-стеллажной торговли .....	33
1.1.7 Расчет пожарного риска для ТЦ .....	34
1.2 Тушение пожаров в ТЦ и на торговых объектах .....	34
2 ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «КОСМОС» .....	41
2.1 Объект и методы исследования .....	41
2.2 Краткий анализ объемно-планировочных и конструктивных особенностей торгово-развлекательного центра «Космос» .....	41
3 РАСЧЕТ И АНАЛИТИКА .....	44
3.1 Расчет требуемого времени эвакуации людей из помещения игровой комнаты .....	44
3.2 Фактическое время эвакуации из игровой комнаты .....	48
3.3 Расчет противодымной защиты автомобильной парковки (расположена в IV пожарном отсеке) .....	55
3.4 Определение сил и средств на тушение пожара в игровой комнате .....	57

3.4.1	Тактический замысел.....	57
3.4.2	Параметры пожара до введения сил и средств первыми пожарными подразделениями .....	58
3.4.3	Расчет сил и средств на тушение пожара .....	61
3.4.4	Параметры пожара на момент ввода сил и средств по второму номеру вызова.....	65
3.4.5	Параметры пожара на момент ввода сил и средств подразделениями по третьему номеру вызова.....	68
3.4.6	Время прибытия на пожар службы пожаротушения .....	72
3.4.7	Требуемое количество начальствующего состава и количество огнетушащих средств.....	72
3.5	Расчет оптимальности насосно – рукавных систем при подаче воды .....	73
3.6	Мероприятия по предупреждению и ликвидации пожаров .....	77
4	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	78
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	78
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	78
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	78
4.1.3	SWOT-анализ .....	79
4.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	80
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	80
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	81
4.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	82

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	86
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	86
4.4.2 Расчет материальных затрат НТИ.....	86
4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	87
4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	89
4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	89
4.4.6 Накладные расходы .....	90
4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	90
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	91
4.6 Оценка прямого ущерба от пожара .....	93
4.7 Оценка косвенного ущерба .....	97
4.8 Оценка социального ущерба .....	99
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	102
5.1 Производственная безопасность .....	102
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов.....	102
5.1.2 Нарушение микроклимата рабочего помещения .....	103
5.1.3 Шум .....	104
5.1.4 ЭМИ.....	105
5.2 Опасные факторы производственной среды.....	107
5.2.1 Опасные факторы пожара .....	107
5.2.2 Электробезопасность .....	110
5.2.3 Защита людей при пожаре в торговом центре .....	111

5.3 Экологическая безопасность.....	113
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	114
5.5 Перечень нормативно-технической документации .....	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	118
ЛИТЕРАТУРА.....	121

## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня жизнь не мыслима без объектов торговли и, прежде всего, торговых центров (далее – ТЦ), которые представляют собой сложные архитектурно-строительные и инженерные сооружения, обеспечение пожарной безопасности (далее - ПБ) которых выступает на первое место в общей системе обеспечения пожарной безопасности [1]. Данное обстоятельство обуславливается высоким риском материального и финансового ущерба при пожаре.

Практика показывает, что пожары на объектах торговли почти всегда приносят значительные убытки. При этом небольшое количество пожаров на торговых объектах (около 2-3%) составляет ущерб примерно 12-14% от общего ущерба от пожаров.

Торговый центр представляет собой комплекс объектов торговли, который управляется из единого административного центра. При этом ТЦ включает большое разнообразие различных помещений, которые, как правило, располагаются в много этажных зданиях. Здесь могут присутствовать такие объекты, как бары, боулинги, казино, кафе, детские развлекательные площадки и т.д.

Обеспечение пожарной безопасности ТЦ является серьезной проблемой, которая обуславливается масштабностью и сложностью работ.

Кроме того, пожарная опасность объектов торговли обуславливается высокой пожарной нагрузкой в торговых залах, кладовых помещениях, где могут храниться товароматериальные ценности, характеризующиеся различными показателями пожарной опасности, превышением площади этажей выше допустимого значения площади пожарного отсека; нарушением правил эксплуатации электроустановок. Также вероятно скопление в торговых помещениях упаковочных материалов и сгораемой тары, захламление дворовой территории. В ночное время развитие пожара происходит скрытно. Пожар развивается при отсутствии или неисправности систем обнаружения и тушения.

Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, которая включает в себя системы предотвращения пожара, противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [2-6].

Сложность вопросов организации пожаротушения и, особенно, проведение аварийно-спасательных работ, требуют от работников Государственной противопожарной службы твердых знаний процессов и особенностей развития пожаров на торговых предприятиях, высокого профессионального мастерства, натренированности, психологической и физической подготовленности. Эти условия позволяют ликвидировать пожары с меньшим ущербом, оперативно принимать меры по сохранению жизни и здоровья людей, находящихся в горящем здании.

Целью работы является оценка сил и средств, необходимых для тушения пожара на объекте торговли (на примере торгово-развлекательного центра г. Томска).

Для решения поставленной цели необходимо:

- изучить состояния дел в области обеспечения противопожарной защиты объектов торговли (прежде всего, торгово-развлекательных центров), выполнить анализ соблюдения требований норм, планирование организации тушения пожара;
- проанализировать статистические данные по пожарам на объектах торговли, изучить описания произошедших пожаров;
- выполнить расчет требуемого и фактического времени эвакуации людей на случай возникновения расчетного пожара;
- выполнить расчет сил и средств, необходимых для тушения пожара на объекте;



- предложить мероприятия по предупреждению и ликвидации пожаров в торговых центрах.

## 1 ТАКТИКА ТУШЕНИЯ ПОЖАРА НА ОБЪЕКТАХ ТОРГОВЛИ

Как было уже отмечено, произошедшие пожары в ТЦ свидетельствует, что при относительно их небольшом количестве общество более ревностно относится к их последствиям. Примеры некоторых пожаров представлены на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Пожары в ТЦ России

Только за пять лет (период с 2015 по 2019 год) на территории России на предприятиях торговли произошло 1774 пожара, что составляет примерно 2,1% от общего числа произошедших пожаров на других объектах (рис.1.2) [7, 8].

Исходя из статистических данных ущерба от пожаров на предприятиях торговли в период с 2015 по 2019 года, определено, что самым малочисленным по ущербу является 2015 год, а в период с 2016 по 2018 года материальный ущерб увеличился. Это связано с пожарами, которые полностью или практически полностью уничтожили предприятие торговли (рис.1.2).

На рис. 1.3 приведена статистика, показывающая число погибших на предприятиях торговли в период с 2015 по 2019 года.

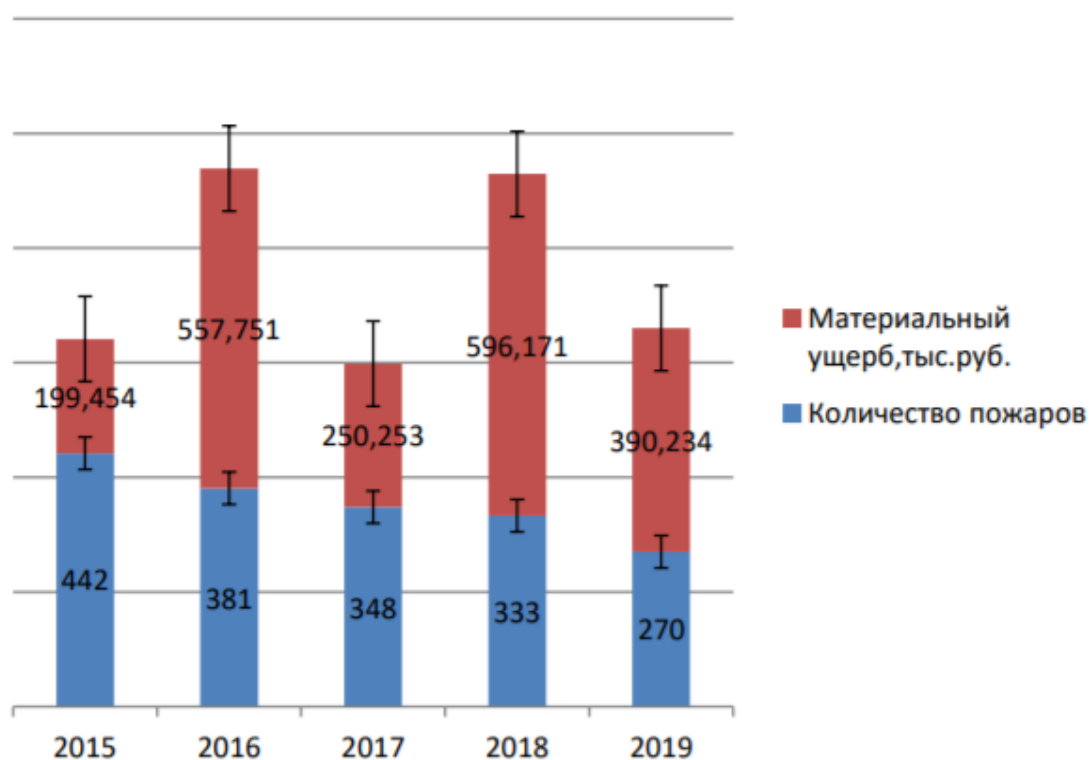


Рисунок 1.2 - Количество пожаров и материальный ущерб на предприятиях торговли в период с 2015 по 2019 года

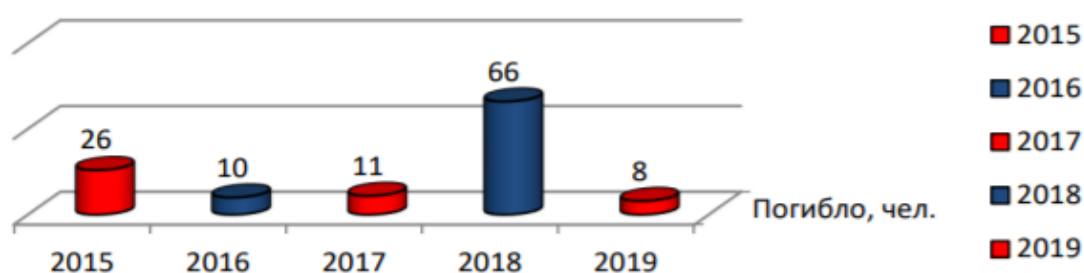


Рисунок 1.3 - Количество погибших на предприятиях торговли в период с 2015 по 2019 года

Наиболее резонансными пожарами в России явились [9]:

- пожар в ТЦ «Адмирал», произошедший 11 марта 2015 года, в г. Казань. На пожаре погибли 19 человек, свыше 70 человек оказались пострадавшими;
- пожар в ТЦ «Синдика», произошедший 08 октября 2017 года, в Московской области. На пожаре 3 человека пострадали, площадь

горения составила свыше 55 тыс. м<sup>2</sup>, была проведена эвакуация свыше 3000 человек;

- пожар в ТЦ «РИО», произошедший 10 июля 2017 года, в г. Москва. На пожаре 18 человек пострадали, площадь горения составила свыше 1 тыс. м<sup>2</sup>, была проведена эвакуация свыше 3000 человек;
- пожар в ТЦ «Зимняя Вишня», произошедший 25 марта 2018 года, в г. Казань. На пожаре погибли 64 человек, свыше 140 человек оказались пострадавшими;

Решением Правительства России от 28 марта 2018 года № ДМ-П4-1776 с целью выявления нарушений требований ПБ были организованы проверки более 85 тыс. объектов, характеризующихся массовым нахождением людей. По результатам проверки более 50% объектов (свыше 30 тыс.) имели серьезные упущения в обеспечении ПБ. Всего было выявлено более 250 тыс. различных нарушений, включающих:

- нарушения в работе автоматических систем пожарной сигнализации и оповещения о пожаре (более 11 тыс. зданий);
- нарушения требований пожарной безопасности к устройству систем противодымной защиты (свыше 2,5 тыс. объектов);
- нарушения в устройствах систем автоматического пожаротушения (2,3 тыс. объектов);
- неудовлетворительное состояние эвакуационных путей и выходов (более 16,5 тыс. объектов);
- отсутствие первичных средств пожаротушения (около 6,0 тыс. объектов);
- отсутствие обучения мерам пожарной безопасности (около 6,5 тыс. объектов).

Более 550 зданий имеют нарушения, которые были допущены еще на стадии их проектирования и строительства, что на стадии эксплуатации приведет к значительным финансовым затратам для устранения замечаний.

При этом при непосредственном строительстве возможно выявить значительную часть нарушений и тем самым предупредить применение более пожароопасных строительных материалов, которые отличаются дешевизной.

Анализ системы контроля на данных объектах свидетельствует, что она находится в неудовлетворительном состоянии и не отвечает предъявляемым требованиям и стоящим задачам.

Также возникает ряд вопросов относительно персональной ответственности должностных лиц за ввод в эксплуатацию объекта.

Кроме того, можно констатировать еще ряд проблемных вопросов:

- отсутствие взаимодействия надзорных и контролирующих органов, уполномоченных должностных лиц в ходе проектирования и строительства;
- наличие противоречивых требований надзорных и контролирующих органов к строящимся объектам.

В итоге, в настоящее время ряд объектов с массовым пребыванием людей эксплуатируется, несмотря на наличие прямой угрозы жизни и здоровью людей.

При этом не спасают в сложившейся ситуации ни штрафы, ни приостановки эксплуатации отдельных объектов, имеющих серьезные нарушения.

Сложившаяся ситуация свидетельствует о необходимости срочного пересмотра нормативных правовых актов в данной области и, вероятно, возврата к ранней практике.

Происходящие пожары в торговых учреждениях характеризуются повышенной сложностью в организации и проведении аварийно-спасательных работ.

Вопросы организации и тактики тушения пожаров в торговых учреждениях были исследованы и описаны рядом отечественных и зарубежных ученых и практиков. Из отечественных, прежде всего, следует отметить таких,

как Башаричев А.В., Подгрушный А.В., Гвоздев Е.В., Теребнёв В.В., Артемьев Н.С., Кашевник Б.Л. (публикации [9 – 13]).

Приведем несколько пример известного и описанного в литературе пожара, тактики его тушения [10].

Пожар произошел в здании универмага. Который был построен в 1958 году. Здание представляет собой двухэтажное строения размерами 46×15 м, в котором есть подвал.

Конструктивно здание выполнено из кирпича, в подсобных помещениях использованы деревянные оштукатуренные перегородки.

Перекрытие первого этажа выполнено железобетонными плитами, чердачное помещение выполнено деревянным, в качестве несущих конструкций использованы металлические оштукатуренные балки. Кровля выполнена из металла по деревянной обрешетке.

Здание универмага имело два входа: один – со двора; второй – с фасада здания. Вход на второй этаж осуществлялся по встроенным лестничным клеткам, расположенным с западной и восточной сторон здания на расстоянии 15 м друг от друга.

Выход на чердак осуществлялся из лестничной клетки, расположенной с восточной стороны, через люк перекрытия и слуховые окна.

В здании применялось водяное отопление (местная котельная), вентиляция выполнена естественной, электрические освещение соответствовало нормативным требованиям, установленным ПУЭ. Замер сопротивления изоляции проводов выполнен за год до возникновения пожара.

В универмаге были предусмотрены следующие помещения:

складское хозяйство и котельная – подвальный этаж. Помещения разделены противопожарной стеной, а вход в котельную осуществлялся со двора;

торговые залы, подсобные и административные помещения – первый и второй этаж. Последние отделялись от торговой зоны кирпичной стеной.

Основная пожарная нагрузка в универмаге представлена промышленными товарами, включающими обувь, одежду, трикотажные изделия, товары культурного назначения, галантерию, ювелирные изделия. Плотность пожарной нагрузки составляла около 60 кг/м<sup>2</sup>.

В магазине находилось расчетное количество первичных средств пожаротушения, оборудована автоматическая пожарная сигнализация (на момент пожара была в исправном состоянии).

На расстоянии 20 м от здания магазина на расположен пожарный водоем, емкость которого составляла примерно 100 м.куб. Кроме того на расстоянии 300 и 700 м от объекта располагались два пожарного гидранта установленных на кольцевой сети. Ближайший гидрант использовался пожарными подразделениями для забора воды. Место возникновения пожара стало чердачное помещение. До момента обнаружения пожаров он развивался скрыто пугающим утеплителю. Линейная скорость развития пожара составляла 0,4 м /мин. При развившемся пожаре скорость распространение огня достигла 0,7 м/мин. Пожар развивался по сгораемым конструкциям здания и товарам. Причиной пожара стало неосторожное обращение с огнем. Накануне пожара кочегар отогревал циркулярные трубы бака расширителя паяльной лампой. Задымление и горение опилок были обнаружены на следующий день. Они были залиты водой. 7 января, примерно в 24 часа, кочегар хозяйственного магазина на кровле здания увидел дым и побежал сообщить об этом в отдел внутренних дел. Примерно через полчаса, уже 8 января, о пожаре было сообщено дежурному. Примерно через 2 минуты дежурный отдела внутренних дел к месту пожара направил водителей дежурного члена добровольной пожарной дружины на автомобиле пожарной части, кроме того, вызвал пожарные автомобили по плану привлечения сил средств из районных хозяйств. Группа захвата вневедомственной охраны также выбыла к месту пожара.

На момент прибытия здание универмага горел утеплитель расширительного бачка, огнем были охвачены стропила и обрешетка чердачного

помещения на площади примерно 80 м.кв.; на втором этаже оказались задымленными подсобные помещения в шейном отделе.

Добровольная пожарная дружина совместно с водителем установили пожарный автомобиль на пожарный водоем вместимостью 100 м.куб. и подали ствол РС-70 на тушение пожара через люк лестничной клетки на чердак (рис. 1.4).

По прибытию с элеватора пожарного автомобиля и резервного автомобиля районные пожарной части был подан ствол РС-50 в подсобное помещение второго этажа для защиты второго этажа и торгового зала. Автомобиль с элеватора был использован для подвоза воды.

Примерно в 1:10 к месту пожара прибыл начальник районного отдела внутренних дел, которым был организован сбор личного состава, а о пожаре было сообщено в Управление пожарной охраны УВД облисполкома. Были запрошены дополнительные силы и средства.

Примерно в 1:15 на пожар прибыло дополнительно три пожарных автомобиля из соседних хозяйств. Силами прибывших подразделений и членов добровольной пожарной дружины для тушения пожара на чердаке по стационарной лестнице был подан ствол РС-50. Неиспользованные автоцистерны были задействованы для подвоза воды к месту пожара.

Примерно в 1:25 на место пожара были отправлены 2 отделения из соседнего района. Кроме того, на пожар были привлечены 20 курсантов из учебного центра. Доставка курсантов осуществлялась на автобусе. В 1:40 к месту пожара выехала оперативная группа от управления пожарной охраны.

В 1:45 к месту пожара прибыли сотрудники отдела внутренних дел. на момент прибытия пожар уже развивался на втором этаже в подсобных помещениях, охватил чердак здания. Руководителем тушения пожара была организована прокладка дополнительной магистральной линии от пожарного автомобиля, установленного на водоём, а также подача ствола РС-50 по



трехколенной лестницы на тушение подсобных помещений, расположенных на втором этаже.

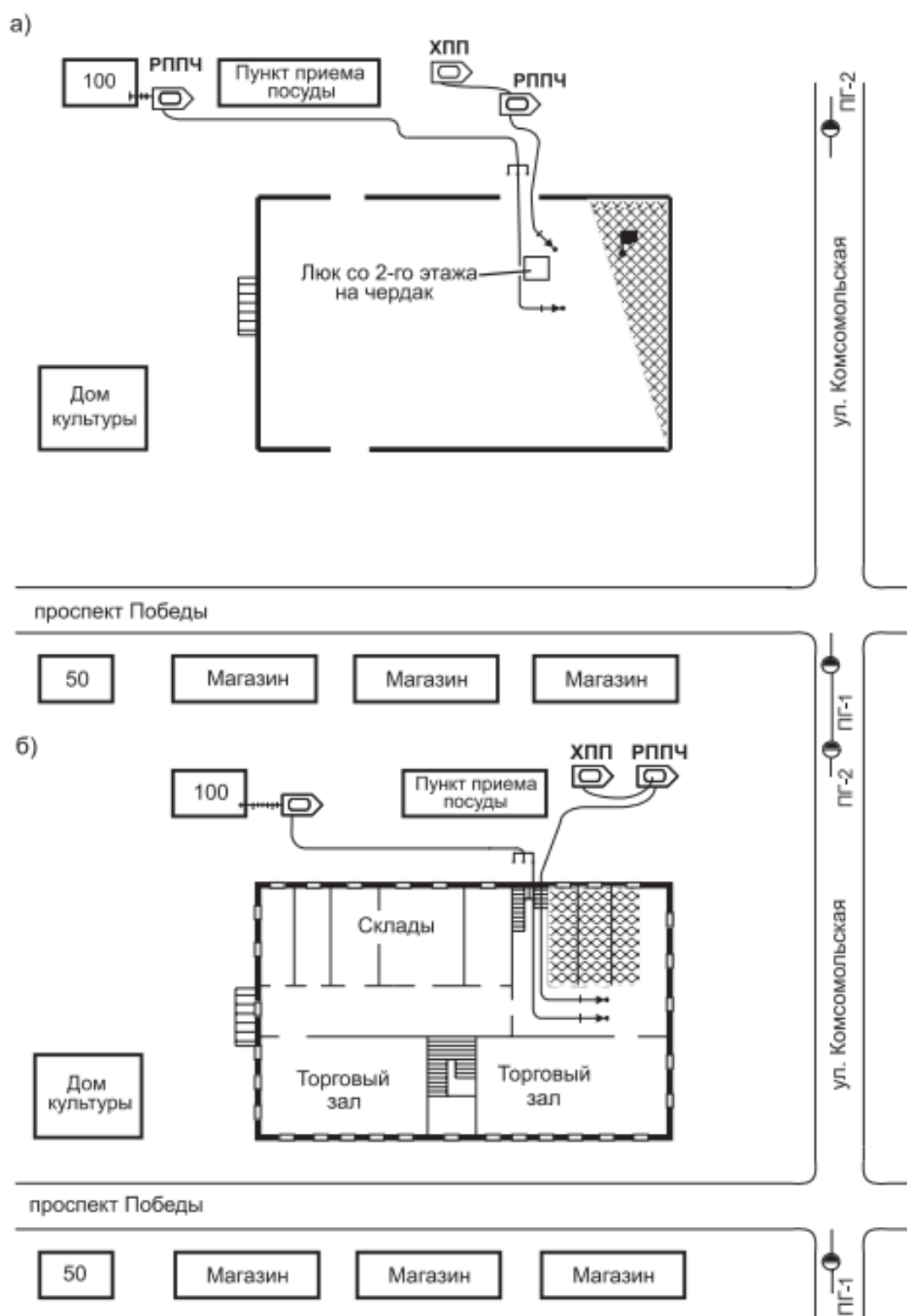


Рисунок 1.4 - Организация тушения пожара: а – тушение пожара на первом этаже; б – тушение пожара на втором этаже

Начальником милиции силами личного состава и обслуживающего персонала была организована эвакуация материальных ценностей со второго этажа. В 2 30 прибыли дополнительные пожарные автоцистерны. На момент их прибытия площадь пожара уже составляла 200 м. кв. Дополнительно от автомобиля, установленного с западной стороны универмага, по трехколенной лестнице на чердачное помещение был подан ствол РС-50 на тушение.

Примерно в 3:20 в здании универмага произошло обрушение кровли. Площадь обрушения составила 180 м.кв. При этом площадь пожара продолжала расти и к 3.40 составляла свыше 200 м.кв. Создалась угроза распространения огня в помещение торгового зала. Продолжали гореть подсобные помещения на втором этаже.

После оценки обстановки прибывший РТП-2 принял руководство тушением пожара на себя. Был организован оперативный штаб тушения пожара. В состав штаба вошли: начальник штаба, начальник тыла, ответственный за технику безопасности.

Кроме того, состав штаба были включены руководители местных органов власти, а также должностные лица универмага. На пожаре было создано на три боевых участка.

В 4:20 была передана локализация, а в 6:30 - ликвидация пожара (рис. 1.5).

В тушении пожара приняли участие 6 членов добровольных пожарных дружин, 4 пожарных автомобиля из районных пожарных частей, 2 пожарных отделения соседнего гарнизона, 20 курсантов и 65 человек личного состава милиции и пожарной охраны.

Благодаря принятым мерам удалось спасти значительную часть кровли универмага, не допустить развитие пожара непосредственно в торговый зал и подсобные помещения.

В качестве положительных сторон тушение пожаров пожарными подразделениями можно отметить следующее: основные действия пожарной

охраны, милиции и других участников тушения пожара были направлены на недопущение развития пожара в северную часть чердачного помещения, в торговый зал и в подсобные помещения. Также следует отметить своевременное сосредоточения необходимого количества сил и средств на тушение пожара. Был своевременно организован сбор личного состава. Эффективно задействована резервная и вспомогательная техника, прибывшая на место пожара. Действия по обеспечению защиты универсама осуществлялись в условиях сильного задымления и высокой температуры.

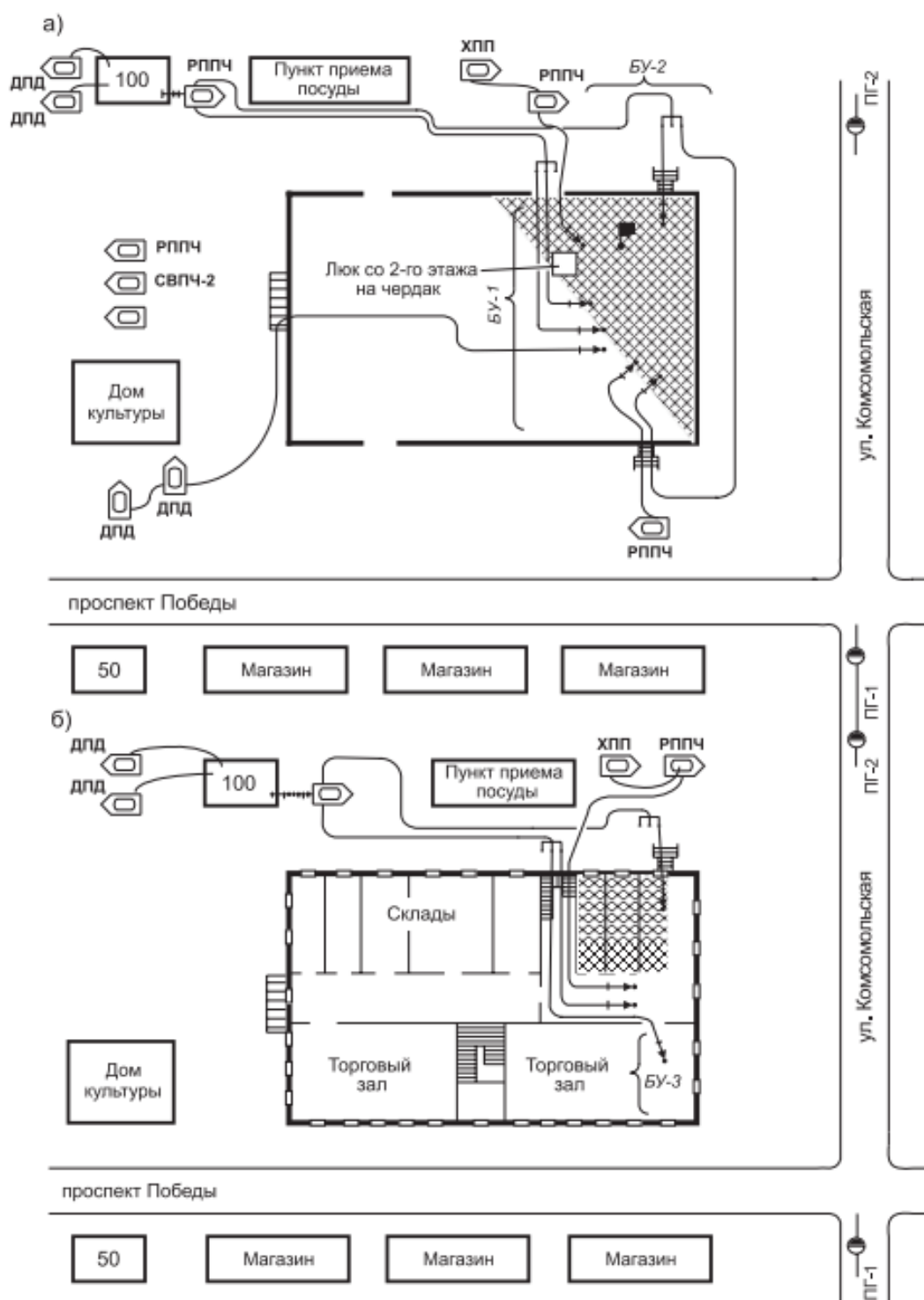


Рисунок 1.5 - Организация тушения пожара в универмаге на момент локализации: а – тушение пожара на первом этаже; б – тушение пожара на втором этаже

Последствия пожара: уничтожена и повреждена огнем кровля универмага на площади примерно 250 м. кв., а также чердачное перекрытие на площади

около 20 м. кв. Для тушения пожара были задействованы 6 стволов РС-50 и 1 ствол РС-70.

Таким образом, при тушении пожаров в ТЦ привлекаются силы и средства по повышенному номеру расписания выездов пожарных подразделений.

Руководитель тушения должен организовать связь с администрацией, выяснить количество людей, оставшихся в здании, наличие и состояние систем пожарной автоматики.

Разведка проводится в нескольких направлениях по видам выполняемых работ: поиск очага пожара, непосредственно его тушение пожара, поиск и людей. Разведка на пожаре осуществляется звеньями газодымозащитной службы, организуются посты безопасности и контрольно-пропускные пункты.

Решающим направлением на пожаре является эвакуация людей. При этом в первую очередь эвакуируются люди с верхних этажей. При отсутствии угрозы людям основные силы должны быть направлены на тушение пожара и принятие мер по недопущению паники.

## **1.1 Пожарная безопасность ТЦ**

### **1.1.1 Атриумы и пассажи в ТЦ**

Пожарная опасность зданий, имеющих в своем составе атриумы и пассажи, обуславливается прежде всего формированием конвективной колонки, в которую вовлекается большое количество воздуха в процессе горения и образуется дополнительное количество дыма.

Особенно это характерно для балконов, галерей, расположенных над очагом пожара [17, 18].

Ограничить распространение горения возможно с применением ряда инженерно-технических решений: применение клапанов дымоудаления для каждого этажа; отделение атриумов противопожарными преградами; устройство

механической вентиляции на каждом этаже; устройство экранов в перекрытиях [17].

Следует отметить, что при уменьшении размеров проемов в перекрытиях растет интенсивность их задымления, а в случаях распространение дыма через лестничные клетки, др. помещения последний может оказать сильное отрицательное воздействие на блокирование многосветного объёма атриумов [18].

Исследования показали, что при деление торгового зала перегородками на отдельные торговые точки, которые не достигают перекрытия, уменьшает время задымления.

### **1.1.2 «Островковый» способ торговли в ТЦ**

Отдельно стоящие в торговых аллеях, галереях, проходах павильоны, киоски принято называть «островками».

Как отмечает ряд исследователей, например, Мироненко Р.В., Кирюханцев Е.Е., площадь таких «островков» в виде киосков может достигать 8,8 – 14,8 м. кв. При этом удельная пожарная нагрузка составляет около 600 МДж/м. кв. [19, 20].

Однако «островковый» способ торговли значительно повышает риски возникновения пожаров и травмирования людей от них. Причин здесь несколько:

- уменьшение расчетного значения ширины эвакуационных путей;
- задымление путей эвакуации;
- риск более интенсивного распространения пожара;
- рост числа пожаров по отношению к другим объектам без «островков» торговли.

Характерный пример «островковой» торговли рассмотрен в работе [20] на примере киоска, размещенного в галерее, где по обеим сторонам расположены магазины по продаже одежды.

Практика подготовки специальных технических условий свидетельствует, что для уменьшения пожарной опасности «островков» необходимо:

- максимально ограничивать размещение торговых «островков» в галереях до 15 м. кв.;
- запретить продажу на таких объектах ЛВЖ, ГЖ, пожаро-, взрывоопасных изделий, а также шуб и меховых изделий;
- отделку киосков, павильонов выполнять из негорючих материалов и размещать последние на некотором удалении от пожарных отсеков;
- «островковую» торговлю допускать лишь в центральной части ТЦ;
- ширина путей эвакуации, установленная нормами, должна быть сохранена;
- на каждые 5 м. кв. киоск следует оборудовать дополнительными огнетушителями;
- решения о размещении «островковых» объектов следует обосновывать согласно рекомендациям [30] и работ [19, 20].

### **1.1.3 Деление объектов торговли противопожарными преградами**

Зачастую возникает необходимость в проектировании торговых объектов, площадь которых может превышать предельно допустимые значения для пожарных отсеков.

В качестве компенсирующих мер зоны без наличия пожарной нагрузки могут отделяться противопожарными преградами; дренчерными завесами, противопожарными шторами.

Однако в настоящее время отсутствуют достоверные исследования, подтверждающие эффективность применяемых компенсирующих мероприятий. Имеются лишь некоторые отдельные работы. Например, в исследовании [21]

показывается, что при использовании АУПТ экономически целесообразно увеличение площади пожарных отсеков.

При этом другие подходы вполне целесообразны [22]. Например, предлагается использовать взвешивающий коэффициент при определении площади пожарного отсека. При этом коэффициент зависит от компенсирующих мероприятий.

В этом случае целесообразно выполнить определённые требования:

- у границ пожарных отсеках запретить размещение горючих материалов;
- обосновать ширину зон, являющихся границами пожарных отсеков, с применением рекомендаций, изложенных в работах [19,20].

При эксплуатации ТЦ встречаются случаи, когда при для свободной планировки помещений, учтены лишь требования к площади пожарных отсеков. Однако количество эвакуационных выходов может оказаться недостаточным.

#### **1.1.4 Игровые зоны в ТЦ**

В соответствии с действующим законодательством в области обеспечения пожарной безопасности детские игровые зоны следует предусматривать не выше 2-го этажа, при этом дополнительных требований по обеспечению эвакуационных мероприятий не предусматривается. В то же время трагедия в Кемерово в 2018 году убедительно продемонстрировала такую необходимость.

Действующие нормативные требования позволяют размещать игровые зоны вплоть до третьего этажа при следующих условиях:

- оценка пожарного риска;
- ограничение количества детей в игровой зоне;
- не менее 4-х выходов с этажа, где предусмотрены игровые зоны (2 выхода следует выполнять обособленными);
- запрещение применения вспененного полиуретана в игровых зонах;



- отделка игровых зонах допускается из материалов класса КМ2;
- помещения игровых зон следует защищать АУПТ, системой пожарной автоматики (сигнализация, оповещение о пожаре);
- вентиляция должна блокироваться системой пожарной автоматики и отключаться при срабатывании последней.

Лестничные клетки для эвакуации из игровых зон должны быть незадымляемыми и размещаться не более, чем в 20 м от игровых зон.

### **1.1.5 Противопожарная защита антресолей в ТЦ**

В ТЦ высота антресолей может составлять более 5 м и составлять до 40% от площади всех помещений.

К антресолям противопожарными нормами предъявляется ряд требований. Прежде всего, к пределам огнестойкости, которые должны соответствовать степени огнестойкости здания и его конструктивной пожарной опасности.

Из антресолей предусматривается не менее 2-х эвакуационных выходов. В случае нахождения на антресолях более 50 чел. следует учитывать требования [23]. Кроме того, выходы могут устраиваться по лестницам второго типа.

### **1.1.6 Зоны высоко-стеллажной торговли**

Современные условия диктуют необходимость сокращать площади складских помещений в магазинах, что приводит к увеличению высоты складов. Такие обстоятельства приводят к тому, что эффективность эвакуационных мероприятий может существенно ухудшиться в случае пожара (согласно п.7.2.4 СП 1.13130.2009 [23]).

Решением указанной проблемы может стать применение в ТЦ, осуществляющих высокостеллажное хранение товаров, упаковки, выполненной из негорючих материалов, а также применение систем пожаротушения в соответствующих зонах согласно СП 241.1311500.2015 [24].

### **1.1.7 Расчет пожарного риска для ТЦ**

Противопожарными требованиями допускается устройство ТЦ в здания иного назначения. Однако в этом случае торговые объекты отделяются от помещений другого назначения противопожарными преградами, имеющими предел огнестойкости (R)EI45 и ниже. Пути эвакуации должны быть обособленными. Кроме того, помещения торговых объектов выделяются в отдельные секции, выделенные противопожарными преградами.

Однако указанное обстоятельство может существенно повлиять на возможность оценки пожарного риска для всего отсека.

Специальные технические условия (п. 9 ст.6 ФЗ-384) могут стать основанием для включения их требований в соответствующие нормы проектирования. Указанный подход реализовывался при подготовке СП 160.1325800.2014, а также для объектов нефтегазового комплекса [25].

### **1.2 Тушение пожаров в ТЦ и на торговых объектах**

Вопросы организации и тактики тушения пожаров на торговых предприятиях изложены в ряде учебных изданий [10-16].

Организация всех видов боевых действий на пожаре, а также ответственность за выполнение боевой задачи возлагается на РТП. Большое значение в ходе тушения пожара имеет правильность проведения разведки.

Торговые предприятия и склады товарно-материальных ценностей характеризуются сложностью планировки, малым количеством входов и оконных проемов, сосредоточением людей и больших материальных ценностей, наличием материалов, имеющих различные физико-химические свойства, горение и термическое разложение которых может сопровождаться взрывами, интенсивным дымообразованием, выделением токсичных веществ.

При пожарах в торговых предприятиях и на складах товарно-материальных ценностей возможны:

- горение полимерных материалов и растекание горящего плава, способствующего возникновению новых очагов горения как по горизонтали, так и на нижележащих этажах;
- обрушение металлоконструкций, стеллажей, вследствие этого образуются заваленные проходы, препятствующие проведению эвакуационных мероприятий;
- отсутствие обслуживающего персонала, что приводит к несвоевременному оповещению пожарных подразделений и развитию пожара на большие площади.

Тушение пожаров зачастую осложняется наличием на объекте массивных и прочных дверей, металлических решеток на окнах.

По прибытию к месту пожара руководитель тушения помимо основных задач должен выполнить следующее:

- установить, есть ли опасность людям (при наличии таковой организовать и провести спасательные работы и эвакуационные мероприятия);
- установить характер, размещение, количество товароматериальных ценностей на объекте и непосредственно в зоне горения, необходимость их эвакуации;
- вероятные пути распространения огня на торговом объекте;
- способы подачи огнетушащих средств, а также виды этих средств;
- наличие и возможность применения погрузчиков для эвакуации товароматериальных ценностей.

Разведка на пожаре проводится в нескольких направлениях. При проведении разведки устанавливается связь с обслуживающим персоналом, который консультирует руководителя тушения пожара о тех, либо иных особенностях объекта.

В ходе разведки выясняется состояние инженерных систем, по которым может распространяться огонь (особенно вентиляционные и санитарно-

технические системы), распространение огня на выше и ниже расположенные этажи.

Если возникновение горения произошло в подвальном помещении, то для ограничения распространения пожара на первом этапе разведки перекрывают все проемы, соединяющие подвальный и первый этаж.

Установку пожарной аварийно-спасательной техники, прокладку магистральных и рабочих линий выполняют таким образом, чтобы обеспечивалось эффективное и оперативное введение стволов в торговые помещения и защита не горящих помещений. Стволы вводятся со стороны лестничных клеток, основных и служебных входов, стационарных пожарных лестниц. Для тушения, как правило, применяются перекрытые стволы и стволы-распылители, при резвившихся пожарах – ручные стволы с большим расходом, например, РС-70. При наличии на окнах решеток последние срезают с использованием ручного аварийно-спасательного инструмента, либо с помощью тросов вырывают пожарными автомобилями.

Эвакуацию товароматериальных ценностей осуществляют в следующей последовательности. Вначале эвакуируется наиболее ценное оборудование и материалы (через рекомендации администрации), а также вещества и материалы, способные вызвать взрыв, интенсификацию горения, вспышке, выделению в окружающую среду токсичных продуктов. При эвакуации целесообразно определить место, куда будут эвакуироваться ценности, организовать их охрану.

Количество стволов на тушение определяют, исходя из интенсивности подачи огнетушащих средств – вода подается с интенсивностью  $0,2 \text{ л/(с} \times \text{м}^2)$ , воздушно-механическая пена – с интенсивностью раствора  $0,1 \text{ л/(с} \times \text{м}^2)$ .

В помещения больших объемов применяются компактные струи воды, в магазинах и складах – распыленные. Ткани, одежда, волокно, трикотаж тушатся с использованием воды и добавление смачивателей, ЛВЖ, вещества в аэрозольной упаковке – пеной средней кратности.

При возникновении пожара в подвальном помещении стволы вводятся не только на тушение, но и на защиту проемов, ведущих в соседние этажи и помещения.

При тушении стеллажей, штабелей, витрин стволы подаются на тушение по проходам. Концентрацию дыма снижают путем вскрытия крыши в зданиях с бесчердачным покрытием.

Следует обращать внимание на то, что при тушении пожара излишне пролитая вода может привести к дополнительному ущербу, поэтому следует применять перекрывные стволы и распыленные струи воды, а также принимать меры по ее удалению.

Участки тушения пожара организуются на торговых объектах со стороны торговых помещений, со стороны примыкающих лестничных клеток, зданий и сооружений.

Для подачи стволов применяются звенья газодымозащитной службы. Для подмены пожарных создается резерв подразделений. Следует обращать внимание на поведение несущих и ограждающих конструкций в условиях пожара и принимать меры по защите личного состава пожарных подразделений от вероятного взрыва, пожара-вспышки, выброса пламени, обрушения.

Кроме того, подвальные помещения могут иметь сложную планировку, значительные размеры. Поэтому применение пены не всегда даёт нужный эффект.

Пожары, возникающие в местах высоко-стеллажного хранения, быстро перерастают в крупные, вызывая большие материальные потери.

Анализируя конструктивные и технологические особенности ВМС, можно выделить ряд отличительных особенностей:

- большая высота складирования (6-12 м и выше);
- различные условия хранения (напольное, в стеллажах, в рулонах, таре и т.п.);

- большое разнообразие видов хранимых материалов и способов их упаковки;
- широкая номенклатура хранимых изделий.

Большая высота стеллажей и высокая плотность укладки материалов в ячейках обуславливают значительную горючую нагрузку на единицу площади хранения (до 10 000 кг/м<sup>2</sup>). Естественно, что развившийся пожар на данном объекте с такой концентрацией материальных ценностей связан со сложностью его тушения. Буквально через несколько минут после возникновения пожара температура над стеллажами может достигать почти 1000<sup>0</sup>С. В таких условиях развитие пожара происходит более интенсивно, деформация металлических конструкций наступает раньше (в течение 10 мин), а высокое задымление и концентрация продуктов горения уже возникает на начальной стадии пожара.

Требуемое количество звеньев ГДЗС, необходимых для ликвидации пожара (с учётом резерва), должно быть в 1,5 раза больше количества требуемых на тушение стволов. Требуемое количество подразделений для защиты смежных помещений, строительных конструкций и т.д. принимается из практических соображений в соответствии с обстановкой на пожаре.

При разработке оперативного плана необходимо совместно с представителями служб объекта (энергетика, механика, товароведа и т.д.) разработать мероприятия по успешной ликвидации пожара. При этом должны быть решены вопросы:

- порядок задействования, при максимальном обесточивании электросети, подъёмно-транспортных механизмов для подачи стволов и эвакуации товарно-материальных ценностей;
- ограничение зон возможных обрушений;
- подачи воды в систему автоматического пожаротушения от передвижной пожарной техники;
- быстрого открывания дымовых люков, оконных рам (фрамуг) для выпуска дыма;

- осуществление мероприятий по обеспечению и отработке кратчайших путей прокладки рукавных линий.

Пожары в складских помещениях уникальны по своей природе. Однако значительную роль в тушении таких пожаров выполняют автоматические установки пожаротушения. В случае их эффективного срабатывания пожарным подразделениям необходимо будет обеспечить лишь дотушивание очагов горения и разборку товарно-материальных ценностей.

При тушении пожара в торговом предприятии или складах товарно-материальных ценностей РТП обязан:

- уточнить место размещения материальных ценностей, определить порядок и принять меры к их эвакуации или защите, используя погрузочно-разгрузочные средства;
- подавать для тушения перекрывные стволы, распыленную воду, пену, огнетушащие порошки и инертные газы;
- принять меры к установлению причины пожара, при наличии признаков поджога или других причин обеспечить сохранность вещественных доказательств до прибытия следственно-оперативной группы.

Оперативный штаб на пожаре должен иметь оперативный план тушения пожара и технологическую карту размещения материалов в складе.

Разведка пожара в высотных механизированных складах должна осуществляться звеньями ГДЗС в различных направлениях.

При этом в число основных задач руководителя тушения и оперативного штаба входит:

- организация участков тушения, защиты конструкций и негорящих стеллажей, эвакуации товароматериальных ценностей;
- бесперебойная подача огнетушащих веществ;
- определение типа стволов для тушения, места их ввода, защита ограждающих конструкций, применение подъёмно - транспортных

средств (следует в первую очередь обеспечить подачу стволов на решающем направлении и на охлаждение несущих металлических конструкций для предотвращения их обрушения);

- принятие мер по снижению плотности задымления, температуры, задействуя систему дымоудаления и пожарные дымососы, стволы распылители (щелевые, НРТ и др.);
- определение порядка привлечения рабочих, погрузочно-разгрузочные машины для обеспечения эвакуации торговых и материальных ценностей.

Стволы-распылители подаются в нижнюю зону горящих стеллажей для тушения пожара и снижения температуры в горящем помещении, а также защиты ствольщиков от лучистого тепла пламени пожара.

Ручные стволы на тушение стеллажей высотой до 15 м подаются по трёхколенным и штурмовым лестницам, которые должны устанавливаться в проходах между стеллажами.

При горении стеллажей выше 15 м. подаются ручные и лафетные стволы, причём струи из лафетных стволов должны направляться в верхнюю часть горящих стеллажей.

Локализация пожара осуществляется по фронту с подачей водяных стволов. При этом максимально используются сухотрубы, внутреннее пожаротушение, имеющееся на торговых предприятиях. Стволы с большим расходом, как правило, подаются вдоль продольных проходов, а в поперечных – используются ручные распыленные стволы, иногда стволы РС-70.



## **2 ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «КОСМОС»**

### **2.1 Объект и методы исследования**

Объектом исследования является торгово-развлекательный центр (далее – торговый центр) «Космос», расположенный по адресу: Красноармейская ул., 101Б, Томск, Томская обл., Россия, 634034.

Предметом исследования является противопожарная защита торгового центра. Основными методами исследования при выполнении работы являются:

- анализ произошедших пожаров на объектах торговли, изучение описаний произошедших пожаров;
- прогнозно-ситуационное моделирование возникновения и тушения пожара;
- поиск и разработка оптимальных решений по организации тушения пожара и проведению спасательных работ;
- моделирование поведения людских потоков при эвакуационных мероприятиях;
- моделирование развития пожара с применением интегральной математической модели свободного развития пожара;
- разработка тактических схем тушения пожара.

### **2.2 Краткий анализ объемно-планировочных и конструктивных особенностей торгово-развлекательного центра «Космос»**

В состав исследуемого торгово-развлекательного центра входят:

- предприятия торговли и общественного питания, размещения административных, бытовых, технических и торговых помещений. Площадь каждого этажа составляет около 26000 м<sup>2</sup>; высота каждого этажа 3,6 м;

- встроенная неотапливаемая стоянка для автомобилей закрытого типа, расположенная под зданием на отметке -3,9 м, имеющая площадь 13000 м<sup>2</sup>;
- оздоровительный центр, включающий детский клуб на первом этаже, фитнес-центр на втором этаже и фудкорт на третьем этаже. Площадь этажа достигает 2600 м<sup>2</sup>.

Этаж для стоянки автомобилей включен в число надземных этажей. Основные входы в здание размещены на отметках от -3,9 м до -1,95 м.

Для размещения пешеходных транспортеров, эскалаторов, траволаторов в междуэтажных перекрытиях выполнены проемы (см. в осях Р-С/3-7 и П-Р/12-15). Торговый зал и гипермаркет расположены в центральной части центра в двухсветном помещении.

Основные характеристики центра:

- этажность – 4 этажа, в т. ч., встроенная автостоянка на первом этаже, торгово-развлекательная часть – 3 этажа;
- высота – 18 м;
- конструктивная пожарная опасность здания класса С0;
- степень огнестойкости центра – II;
- назначение объекта – многофункциональный профиль, включая группы помещений: Ф 3.1 (предприятия торговли), Ф 4.3 (офисные помещения), Ф 3.2 (предприятия общественного питания), Ф 5.2 (автостоянка, складские, технические и загрузочные помещения); Ф3.6 (детский клуб, фитнес-центр), Ф 5.1 (технические помещения по обслуживанию здания).

В здании весь объем поделен на 6 пожарных отсеков. Отсеки выделены противопожарными стенами и перекрытиями 1-го типа.

Объект защищен автоматической пожарной сигнализацией, а также системой оповещения и управления эвакуацией при пожаре. Не оборудуются сигнализацией согласно требованиям норм такие помещения, как:

- помещения категорий В4 и Д;
- охлаждаемые камеры, помещения мойки, душевые, санузлы, и т.п.;
- приточные и вытяжные венткамеры, которые не обслуживают помещения категорий А, Б; бойлерные, насосные, а также другие помещения, предназначенные для размещения инженерного оборудования и где отсутствует пожарная нагрузка;
- лестничные клетки.

На момент изучения объекта автоматическая пожарная сигнализация была в неисправном состоянии.

### 3 РАСЧЕТ И АНАЛИТИКА

#### 3.1 Расчет требуемого времени эвакуации людей из помещения игровой комнаты

В качестве места возникновения пожара рассмотрим игровую комнату (за основу принят пожар, произошедший в 2018 году в г. Кемерово, в результате которого погибло свыше 60 чел. и 140 чел. пострадали).

Для расчета требуемого времени эвакуации используем рекомендации, приведенные в методике [28]. Для расчета используется интегральная модель газообмена.

Свойства горючего материала в помещении игровой комнаты приняты согласно [29]:

- вид применяемого в игровой зоне горючего материала – мебель (твердый горючий материал)  $n = 3$ ;
- удельная теплота сгорания горючего материала  $Q_p^H = 14,4 \text{ МДж / кг}$ ;
- удельная массовая скорость выгорания горючего материала  $\psi_0 = 0,014 \text{ кг / (м}^2 \cdot \text{с)}$ ;
- потребление кислорода при горении горючего материала  $L_{O_2} = 1,288 \text{ кг / кг}$ ;
- дымообразующая способность используемых горючих материалов  $D = 84 \text{ Нп} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}$ ;
- линейная скорость распространения огня по горючей нагрузке  $v_{\text{л}} = 0,015 \text{ м / с}$ ;
- удельное выделение угарного газа при сгорании материалов  $L_{CO} = 0,037 \text{ кг / кг}$ ;
- удельное выделение углекислого газа при сгорании материалов  $L_{CO_2} = 1,55 \text{ кг / кг}$ ;

- удельное выделение соляной кислоты при сгорании материалов  
 $L_{\text{HCl}} = 0,004 \text{ кг} / \text{кг}$  ;
- коэффициент полноты горения  $\eta = 0,9$  .

Другие характеристики, принятые в расчетах:

- коэффициент отражения от ограждающих конструкций  $\alpha = 0,3$  ;
- предельные концентрации токсичных продуктов сгорания:

$$X_{\text{CO}_2} = 0,11 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$X_{\text{HCl}} = 23,0 \times 10^{-6} \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$X_{\text{CO}} = 1,16 \times 10^{-3} \text{ кг} / \text{м}^3 ;$$

- коэффициент, учитывающий теплопотери при горении  $\varphi = 0,6$  ;
- предельная дальность видимости в помещении  $l_{\text{пр}} = 20 \text{ м}$  ;
- начальная освещенность помещения при возникновении пожара  
 $E = 50 \text{ Лк}$  ;
- удельная изобарная теплоемкость  $C_p = 1,003 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$  .

Свободный объем рассчитываем по формуле:

$$\begin{aligned} V &= 0,8 \cdot V_{\text{geom}} = 0,8 \cdot S_{\text{пола}} \cdot H = 0,8 \cdot 240 \cdot 3,6 = 691,2 \text{ м}^3, \\ V &= 0,8 \cdot 691,2 = 553 \text{ м}^3, \end{aligned} \quad (3.1.1)$$

где  $V_{\text{geom}}$  – свободный объем помещения,  $\text{м}^3$ ;

$S_{\text{пола}}$  – площадь игровой комнаты,  $\text{м}^2$ ;

$H$  – высота игровой комнаты,  $\text{м}$ .

Безразмерный параметр, принимаемый при высоте помещения  $H \leq 6 \text{ м}$  :

$$\begin{aligned} Z &= \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right), \\ Z &= \frac{1,9}{3,6} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,9}{3,6}\right) = 1,102, \end{aligned} \quad (3.1.2)$$

$$\begin{aligned} h &= h_m + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \\ h &= 0,2 + 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,9 \text{ м}, \end{aligned} \quad (3.1.3)$$

где  $h$  – высота рабочей поверхности,  $\text{м}$ ;

$h_m$  – уровень, на котором находятся люди, принимается 0,2 м;

$\delta$  – разность уровней пола. Принято равной «0».

Вспомогательные параметры рассчитываются следующим образом:

$$A = 1,05 \cdot \psi_0 \cdot v_n^2, \quad (3.1.4)$$

$$A = 1,05 \cdot 0,014 \cdot 0,015^2 = 0,0000033075 \text{ кг}^2 / \text{с}^3,$$

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q}, \quad (3.1.5)$$

$$B = \frac{353 \cdot 1,003 \cdot 10^{-3} \cdot 553}{(1 - 0,6) \cdot 0,9 \cdot 14,4} = 37,77 \text{ кг},$$

$$\frac{B}{A} = \frac{37,77}{0,0000033075} = 0,0114 \cdot 10^9 \text{ с}^3 \quad (3.1.6)$$

Предельные значения опасных факторов:

предельная температура:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (3.1.7)$$

$$t_{кр}^T = \left\{ 0,0114 \cdot 10^9 \ln \left[ 1 + \frac{70 - 18}{(273 + 18) \cdot 1,102} \right] \right\}^{\frac{1}{3}} = 120 \text{ с} \approx 2,0 \text{ мин}$$

потеря видимости:

$$t_{кр}^{ПВ} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left( 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D \cdot Z} \right)^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (3.1.8)$$

$$t_{кр}^{ПВ} = \left\{ 0,0114 \cdot 10^9 \cdot \ln \left( 1 - \frac{553 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 37,77 \cdot 84 \cdot 1,102} \right)^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 63 \text{ с} \approx 1,1 \text{ мин}$$

пониженная концентрация кислорода:

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (3.1.9)$$

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ 0,0114 \cdot 10^9 \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{37,77 \cdot 1,288}{553} + 0,27 \right) \cdot 1,102} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 110c \approx 1,8 \text{ мин}$$

опасная концентрация углекислого газа:

$$t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X_{CO_2}}{B \cdot L_{CO_2} \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (3.1.10)$$

$$t_{кр}^{CO_2} = \left\{ 0,0114 \cdot 10^9 \cdot \ln \left[ 1 - \frac{553 \cdot 0,11}{37,77 \cdot 1,55 \cdot 1,102} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 319c = 5,3 \text{ мин}$$

опасная концентрация угарного газа:

$$t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X_{CO}}{B \cdot L_{CO} \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (3.1.11)$$

$$t_{кр}^{CO} = \left\{ 0,0114 \cdot 10^9 \cdot \ln \left[ 1 - \frac{553 \cdot 0,00116}{37,77 \cdot 0,037 \cdot 1,102} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 183c \approx 3,1 \text{ мин}$$

опасная концентрация паров соляной кислоты

$$t_{кр}^{HCl} = \left\{ 0,0114 \cdot 10^9 \cdot \ln \left[ 1 - \frac{553 \cdot 23,0 \times 10^{-6}}{37,77 \cdot 0,004 \cdot 1,102} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 97c \approx 1,6 \text{ мин}$$

Критическая продолжительность пожара:

$$t_{кр} = \min \{ t_{кр}^T; t_{кр}^{ПВ}; t_{кр}^{O_2}; t_{кр}^{CO_2}; t_{кр}^{CO}; t_{кр}^{HCl} \} \quad (3.1.12)$$

$$t_{кр} = \min \{ 120; 63; 110; 319; 183; 97 \} = 63c \approx 1,1 \text{ мин}$$

Критическая продолжительность пожара равна времени наступления потери видимости в игровой комнате.

Требуемое время эвакуации:

$$\tau_{мр} = \frac{t_{кр} \times 0,8}{60}, \quad (3.1.13)$$

$$\tau_{мр} = \frac{63 \times 0,8}{60} = 0,84 \text{ мин}$$

### 3.2 Фактическое время эвакуации из игровой комнаты

В соответствии с п. 3 ст. 53 [26] эвакуация людей обеспечивается, если время от обнаружения пожара до завершения эвакуации не превышает требуемое время эвакуации.

Безопасность эвакуации людей при пожаре определяется соотношением:

$$\tau_{mp} \geq t_p, \quad (3.2.1)$$

где  $t_p$  – расчетное (фактическое) время эвакуации;

$t_{mp}$  – требуемое время эвакуации (время наступления одного из поражающих факторов).

Фактическое время эвакуации определяется по методике [30].

Путь движения делится на участки (проходы, дверные проемы и т.д.). За начальные участки принимаются проходы между игровыми зонами.

Длина и ширина каждого участков на путях эвакуации определяем по планировке помещения. В дверном проеме протяженность эвакуационного пути равна нулю.

Расчетное время эвакуации  $t_p$  определяется путем суммирования времен движения потока людей по отдельным эвакуационным участкам.

Исследовав план помещения игровой зоны, принят ряд допущений:

1. Эвакуация планируется через два эвакуационных выхода;
2. Эвакуационные потоки распределены так, как приведено на рис.3.1;
3. Количество эвакуируемых равно проектной вместимости помещения игровой зоны.

Направление эвакуационных путей, их протяженность и количество изображены на рисунке 3.1. Исходные данные для выполнения расчетов сведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Данные для определения фактического времени эвакуации из игровой зоны



Номер участка	Количество эвакуируемых, чел	Длина участка, м	Ширина участка, м
1	4	4,04	2
2	8	3	1
3	16	3	1
4	24	3	2
5	28	1,5	2
6 (дверь)	28		1,8

Определяем плотность потока  $D_1$ , интенсивность движения  $q_1$ , время  $t_1$  и скорость  $v_1$  движения на начальном участке:

$$D_i = \frac{N_i \cdot f}{l_i \cdot \delta_i}, \quad (3.2.2)$$

$$D_1 = \frac{4 \cdot 0,08}{4,04 \cdot 2} = 0,04 \text{ м}^2 / \text{м}^2$$

где  $N$  – количество эвакуируемых, чел, согласно табл.3.2;

$f$  – площадь проекции детей и подростков старшей возрастной группы в домашней одежде,  $f = 0,08 \text{ м}^2$  [28, табл. П5.4];

$l$  – длина расчетного участка (табл.3.1), м;

$\delta$  – ширина расчетного участка (табл.3.1), м.

По табл. П2.1 [28] определяем скорость и интенсивность потока:

$$v_1 = 100 \text{ м} / \text{мин}$$

$$q_1 = 1 + \frac{5-1}{0,05-0,01} \times (0,04 - 0,01) = 4,0 \text{ м} / \text{мин}$$

Время преодоления участка:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i}, \quad (3.2.3)$$

$$t_1 = \frac{4,04}{100} = 0,0404 \text{ мин}$$

Расчет на участках 2-6 (см. таблицу 3.3) производится следующим образом.

Скорость  $v_i$  принимается по табл. П2.1 [28], исходя по значению интенсивности потока, которое определяется для всех участков, включая дверные проемы, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (3.2.4)$$

где  $q_i, q_{i-1}$  – интенсивности потоков по текущему и предыдущему участкам, м/мин;

$\delta_i, \delta_{i-1}$  – ширина, соответственно, текущего и предшествующего участков, м.

В случае, если  $q_i \geq q_{\max} = 16,5 \text{ м / мин}$ , то на участке будет задержка эвакуации  $t^3$ , которая определяется по выражению:

$$q_i t^3 = N_s \cdot f \cdot \left( \frac{1}{q_{np} \cdot \delta_i} - \frac{1}{\sum (q_{i-1} \cdot \delta_{i-1})} \right) \geq q_{\max} = 16,5 \text{ м / мин}, \quad (3.2.5)$$

где  $q_{np} = 13,5 \text{ м / мин}$  – предельное значение интенсивности, принятое по П2.1 [28].

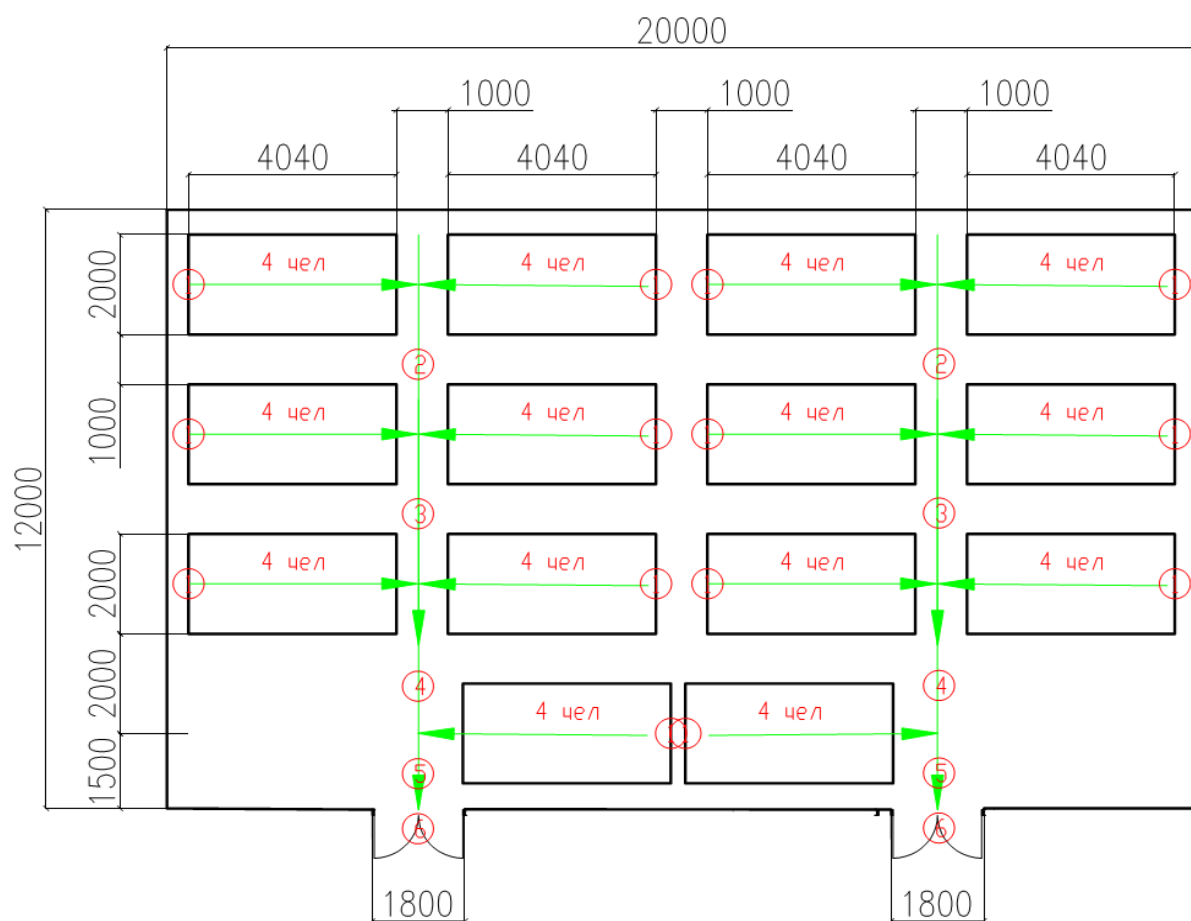


Рисунок 3.1 Расчетная схема эвакуации детей из игровой зоны

Зная время задержки, общее время движения по участку определим по формуле:

$$t_b = \frac{l_i}{v_{np}} + t^3, \quad (3.2.6)$$

Таблица 3.3

Таблица сводных данных о времени эвакуации по отдельным участкам

Номер участка	Количество эвакуируемых, чел	Длина участка, м	Ширина участка, м	Плотность потока $D, м^2/м^2$	Скорость, м/мин	Интенсивность $q, м/мин$	Время задержки, мин	Общее время движения, мин
1	4	4,04	2	0,04	100	4	0	0,0404
2	8	3	1	0,4	40	16	0	0,075
3	16	3	1	0,9	15	32	0,055	0,255
4	24	3	2	0,9	15	38,75	0,082	0,282
5	28	1,5	2	0,169	66,25	10,75	0	0,023

6 (дверь)	28		1,8	0,17	66,2	11,94	0	0
<b>Итого:</b>								0,675

Рассмотрим участки 2 – 6.

2-й участок:

- число эвакуируемых –  $N_2 = 2 \cdot N_1 = 8 \text{ чел}$ ,  $f = 0,08 \text{ м}^2 / \text{чел}$ ;
- длина рассматриваемого участка –  $l_2 = 3,0 \text{ м}$ ;
- ширина рассматриваемого участка –  $b_2 = 1,0 \text{ м}$ ;
- интенсивность движения –  $q_2 = \frac{2 \cdot q_1 \cdot b_1}{b_2} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 2}{1,0} = 16 \text{ м} / \text{мин}$ ;
- скорость –  $v_2 = 40 \text{ м} / \text{мин}$ ;
- плотность потока –  $D_2 = 0,4 \text{ м} / \text{мин}$ ;
- время движения по горизонтальному участку –  $t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{3}{40} = 0,075 \text{ мин}$ ;
- общее время –  $t_2^{\text{оо}} = t_2 = 0,075 \text{ мин}$ .

3-й участок:

- число эвакуируемых –  $N_3 = 16 \text{ чел}$ ,  $f = 0,08 \text{ м}^2 / \text{чел}$ ;
- длина рассматриваемого участка –  $l_3 = 3 \text{ м}$ ;
- ширина рассматриваемого участка –  $b_3 = 1 \text{ м}$ ;
- интенсивность движения –  $q_3 = \frac{2 \cdot q_1 \cdot b_1 + q_2 \cdot b_2}{b_3} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 2 + 16 \cdot 1}{1,0} = 32 \text{ м} / \text{мин}$ ;

На участке задержка времени. Время задержки равно:

$$t_{33} = N_3 \cdot f \cdot \left( \frac{1}{q_{\text{при } D=0,9} \cdot b_3} - \frac{1}{q_2 \cdot b_2 + 2 \cdot q_1 \cdot b_1} \right) =$$

$$= 16 \cdot 0,08 \cdot \left( \frac{1}{13,5 \cdot 1} - \frac{1}{16 \cdot 1 + 2 \cdot 4 \cdot 2} \right) = 0,055$$

- скорость –  $v_3 = 15 \text{ м} / \text{мин}$ ;
- плотность потока –  $D_3 = 0,9 \text{ м} / \text{мин}$ ;

– время движения на линейном участке –  $t_3 = \frac{l_3}{v_3} = \frac{3}{15} = 0,2 \text{ мин}$  ;

– общее время –  $t_3^{об} = t_3 + t_{33} = 0,2 + 0,055 = 0,255 \text{ мин}$  .

4-й участок:

– количество эвакуируемых –  $N_4 = 24 \text{ чел}$  ,  $f = 0,08 \text{ м}^2 / \text{чел}$  ,;

– длина участка –  $l_4 = 3 \text{ м}$  ;

– ширина участка –  $b_4 = 1,0 \text{ м}$  ;

– интенсивность движения

$$q_4 = \frac{2 \cdot q_1 \cdot b_1 + q_3 \cdot b_3}{b_4} = \frac{2 \cdot 16 \cdot 2 + 13,5 \cdot 1}{2,0} = 38,75 \text{ м / мин} ;$$

На участке будет задержка времени. Определяем время задержки:

$$t_{34} = N_4 \cdot f \cdot \left( \frac{1}{q_{при D=0,9} \cdot b_4} - \frac{1}{q_3 \cdot b_3 + 2 \cdot q_1 \cdot b_1} \right) =$$

$$= 24 \cdot 0,08 \cdot \left( \frac{1}{13,5 \cdot 1} - \frac{1}{16 \cdot 1 + 2 \cdot 4 \cdot 2} \right) = 0,082$$

– скорость –  $v_4 = 15 \text{ м / мин}$  ;

– плотность потока –  $D_4 = 0,9 \text{ м / мин}$  ;

– время движения на линейном участке –  $t_4 = \frac{l_4}{v_4} = \frac{3}{15} = 0,2 \text{ мин}$  ;

– общее время –  $t_4^{об} = t_4 + t_{34} = 0,2 + 0,082 = 0,282 \text{ мин}$  .

5-й участок:

– количество эвакуируемых –  $N_5 = 28 \text{ чел}$  ,  $f = 0,08 \text{ м}^2 / \text{чел}$  ;

– протяжённость участка –  $l_5 = 1,5 \text{ м}$  ;

– ширина участка –  $b_5 = 2,0 \text{ м}$  ;

– интенсивность движения –  $q_5 = \frac{q_1 \cdot b_1 + q_4 \cdot b_4}{b_5} = \frac{4 \cdot 2 + 13,5 \cdot 1}{2,0} = 10,75 \text{ м / мин}$  ;

– скорость –  $v_5 = 80 + \frac{60-80}{12-8} \cdot (10,75-8) = 66,25 \text{ м / мин}$  ;

– плотность потока –  $D_5 = 0,1 + \frac{0,2-0,1}{60-80} \cdot (66,25-80) = 0,169 \text{ м / мин}$  ;

- время движения на линейном участке  $-t_5 = \frac{l_5}{v_5} = \frac{1,5}{66,25} = 0,023 \text{ мин}$  ;
- общее время  $-t_5^{об} = 0,023 \text{ мин}$  .

6-й участок (дверь):

- количество эвакуируемых  $-N_6 = 28 \text{ чел}$  ,  $f = 0,08 \text{ м}^2 / \text{чел}$  ;
- длина участка  $-l_6 = 0 \text{ м}$  ;
- ширина участка  $-b_6 = 1,8 \text{ м}$  ;
- интенсивность движения  $-q_6 = \frac{q_5 \cdot b_5}{b_6} = \frac{10,75 \cdot 2,0}{1,8} = 11,94 \text{ м} / \text{мин}$  ;
- задержки на участке нет

- скорость  $-v_6 = 80 + \frac{60-80}{13,4-8,7} \cdot (11,94-8,7) = 66,2 \text{ м} / \text{мин}$  ;
- плотность потока  $-D_6 = 0,1 + \frac{0,2-0,1}{60-80} \cdot (66,2-80) = 0,17 \text{ м} / \text{мин}$  ;
- время движения на линейном участке  $-t_6 = \frac{l_6}{v_6} = \frac{0}{66,2} = 0 \text{ мин}$  ;
- общее время  $-t_6^{об} = 0 \text{ мин}$  .

Как следует из рис. 3.1, маршрут эвакуации для принятой схемы будет максимальным в следующем случае:  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6$  (фактическое время движения людей – 0,675 мин (суммирование индивидуальных значений общего времени по участкам)).

Таким образом, расчетное время эвакуации из игровой зоны составляет  $t_p = 0,675 \text{ мин}$  , что меньше необходимого ( $\tau_{нб} = 0,84 \text{ мин}$  ). Следовательно, дети успеют своевременно покинуть помещение до наступления в нем опасных факторов.

Время эвакуации через оставшийся выход не проверяем в виду его симметричности. При этом отмечаем (расчеты не выполняются, однако их результат представляется вполне очевидным), что при блокировании одного из

эвакуационных выходов фактическое время эвакуации будет выше необходимого.

Поэтому пути эвакуации в момент проведения мероприятий следует обязательно содержать свободными.

### **3.3 Расчет противодымной защиты автомобильной парковки (расположена в IV пожарном отсеке)**

Эффективная эвакуация автомобилей с парковки при пожаре возможна при исправно действующей системе противодымной защиты.

Площадь автомобильной парковки равна около 3500 м<sup>2</sup>, т.е. площадь дымовой зоны не превышает допустимого значения согласно п.7.4, [31]. На защищаемую площадь должно быть принято не менее четырех дымоприемных устройств (п.7.9 [31]).

Рассматриваемая автомобильная парковка характеризуется следующими параметрами:

- периметр помещения -  $P_{ок} = 245 м$ ;
- расчетная температура наружного воздуха в г. Томск -  $\tau = 23^0 C$  [33];
- количество теплоты выделяемое при сгорании одного автомобиля –  $Q_n = 5 MBm$  (п.3.1.2 [32]);
- высота парковки -  $H = 3,9 м$ ;
- доля теплоты, отдаваемая ограждающим конструкциям,  $\varphi = 0,4$ .

Конвективная составляющая мощности очага определяется по формуле:

$$Q = (1 - \varphi) \cdot Q_n, \quad (3.3.1)$$

$$Q = (1 - 0,4) \cdot 5 = 3,0 MBm = 3000 кВт$$

Расход дыма в подпотолочном слое:

$$G_k = 0,032 \cdot Q^{\frac{3}{5}} \cdot Z, \quad (3.3.2)$$

$$G_k = 0,032 \cdot 3000^{\frac{3}{5}} \cdot 2 = 7,81 кг / с$$

Температура продуктов сгорания:

$$t_{n2} = \frac{Q}{(c_p \cdot G_k + \alpha \cdot (F_{ном} + L_{ок} \cdot (H - Z)))} + t_e, \quad (3.3.3)$$

$$t_{n2} = \frac{3000}{(1,09 \cdot 7,81 + 0,012 \cdot (3500 + 245 \cdot (3,9 - 2)))} + 23 = 79,2^\circ C = 352,2 K$$

Плотности воздуха и продуктов сгорания:

$$\rho_i = \frac{353}{T_i}, \quad (3.3.4)$$

$$\rho_n = \frac{353}{273 + 23} = 1,193 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{n2} = \frac{353}{352,2} = 1,002 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Перепад давления:

$$\Delta P_{расч} = g \cdot (H - Z) \cdot (\rho_n - \rho_{n2}), \quad (3.3.5)$$

$$\Delta P_{расч} = 9,81 \cdot (3,9 - 2) \cdot (1,193 - 1,002) = 3,55 \text{ Па}$$

Площадь проемов удаления дыма:

$$F = \frac{G_k}{\mu \cdot (\rho_{n2} \cdot 2 \cdot \Delta P_{расч})^{0,5}}, \quad (3.3.6)$$

$$F = \frac{7,81}{0,64 \cdot (1,002 \cdot 2 \cdot 3,55)^{0,5}} = 4,58 \text{ м}^2$$

(принимаем 4 отверстия размерами – 1,2×1,2)

Расход удаляемого дыма:

$$L = 3600 \cdot \frac{G_k}{\rho_{n2}}, \quad (3.3.7)$$

$$L = 3600 \cdot \frac{7,81}{1,002} = 28060 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Из парковки систему противодымной вентиляции следует проектировать вытяжной, с механическим побуждением. Расход воздуха в тамбур-шлюзы,



отделяющие автомобильную парковку от иных назначений, определяем по соотношению:

$$G_r = n \cdot F_{dr} \cdot \sqrt{\frac{20}{S_{dr}}}, \quad (3.3.8)$$

$$G_r = 2 \cdot 3,1 \cdot \sqrt{\frac{20}{4443}} = 0,416 \text{ кг/с} = 1483 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $S_{dr}$  – сопротивление воздухопроницанию дверей тамбур-шлюза, м<sup>3</sup>/кг;

$n$  – количество дверей;

$F_{dr}$  – площадь двери, м<sup>2</sup>.

Сопротивление воздухопроницанию дверей определяют из соотношения:

$$S_{dr} = \frac{5300}{\rho_n}, \quad (3.3.9)$$

$$S_{dr} = \frac{5300}{1,193} = 4443$$

$$\rho_n = \frac{353}{273 - 23} = 1,01 \text{ кг/м}^3$$

где  $\rho_a$  – плотность наружного воздуха при расчетной температуре  $T_a$ .

### 3.4 Определение сил и средств на тушение пожара в игровой комнате

#### 3.4.1 Тактический замысел

Пожар возник в 15:00 в помещении игровой комнаты в результате многочисленных нарушений, допущенных при монтаже электропроводки. Замыкание произошло в электродиодном светильнике, который заливала талая вода с крыши.

В здании не сработали защитные автоматы, которые отключают питание в случае короткого замыкания.

Возгорание началось в электропроводке, подведенной к светодиодным плафонам над детским «сухим» бассейном, наполненным поролоновыми шариками.

Пожар обнаружили посетители, автоматическая пожарная сигнализация не сработала в виду ее неисправности. Примерно через 8 минут после возникновения пожара была оповещена пожарная охрана. Пожар продолжал распространяться, мер по тушению не предпринималось.

Линейная скорость распространения горения составила 0,015 м/с (0,9 м/мин) (см. подраздел 3.2).

Двери в соседние помещения были открытыми. Плотный дым начал поступать в соседние помещения, коридор и наружу.

Возможными путями распространения пожара являются в основном пожарная нагрузка и открытые проемы.

#### **3.4.2 Параметры пожара до введения сил и средств первыми пожарными подразделениями**

Параметры пожара в момент сообщения в пожарную охрану

Т.к. время сообщения о пожаре  $\tau_{ДС} < 10_{мин}$ , то путь, пройденный огнем определяется по формуле:

$$L = \frac{V_{лин} \cdot \tau_{ДС}}{2}, м, \quad (3.4.1)$$

где  $\tau_{ДС} = 8_{мин}$

$$L = \frac{0,9 \cdot 8}{2} = 3,6 м$$

Так как возникновение горение принято в центре и L меньше расстояния до стен, то пожар примет круговую форму развития. Площадь пожара определяется по формуле:

$$S_{П} = \pi \cdot L^2, м, \quad (3.4.2)$$

$$S_{П} = 3,14 \cdot 3,6^2 = 40,7 м^2$$

Периметр пожара:

$$P_{\Pi} = 2 \cdot \pi \cdot L, \text{ м} \quad (3.4.3)$$

$$P_{\Pi} = 2 \cdot \pi \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,6 = 19,71 \text{ м}$$

Фронт пожара:

$$\Phi_{\Pi} = 2 \cdot \pi \cdot L, \text{ м} \quad (3.4.4)$$

$$\Phi_{\Pi} = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,6 = 19,71 \text{ м}$$

Скорость роста площади пожара:

$$V_s = \frac{S_{\Pi}}{\tau}, \text{ м}^2 / \text{ мин} \quad (3.4.5)$$

$$V_s = \frac{40,7}{8} = 5,1 \text{ м}^2 / \text{ мин}$$

Скорость роста периметра пожара:

$$V_{\phi} = \frac{\Phi_{\Pi}}{\tau}, \text{ м} / \text{ мин} \quad (3.4.6)$$

$$V_{\phi} = \frac{19,71}{8} = 2,46 \text{ м} / \text{ мин}$$

Скорость роста фронта пожара:

$$V_{\phi} = \frac{\Phi_{\Pi}}{\tau}, \text{ м} / \text{ мин} \quad (3.4.7)$$

$$V_{\phi} = \frac{19,71}{8} = 2,46 \text{ м} / \text{ мин}$$

Параметры пожара на момент прибытия первого пожарного подразделения

Время прибытия подразделения определим по формуле:

$$\tau_{\text{приб.1}} = \tau_{\text{ДС}} + \tau_{\text{СБ}} + \tau_{\text{СЛ.1}}, \text{ мин} \quad (3.4.8)$$

$$\tau_{\text{приб.1}} = 8 + 1 + 5 = 14 \text{ мин}$$

где  $\tau_{\text{ДС}} = 8 \text{ мин}$  – время, прошедшее с момента возникновения пожара до сообщения о нем, мин.;

$\tau_{\text{СБ}} = 1 \text{ мин}$  – норматив сбора пожарных;

$\tau_{\text{сл.1}} = 5 \text{ мин}$  - время движения первых подразделений от места дислокации до ТЦ.

Путь, пройденный огнем:

Т.к.  $\tau_{\text{приб.1}} > 10 \text{ мин}$ , то путь пройденный огнем, рассчитывается по формуле:

$$L = 5 \cdot V_{\text{лин}} + V_{\text{лин}} \cdot (\tau_{\text{приб.1}} - 10), \text{ м}, \quad (3.4.9)$$

$$L = 5 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot (14 - 10) = 8,1 \text{ м}$$

Т.к L больше расстояния до стен помещения, то пожар примет сложную форму, и огонь выйдет из дверных проемов в коридор.

Площадь пожара определяем графически по схеме объекта:

$$S_{\Pi} = 189,6 + 2 \cdot 11,7 = 213 \text{ м}^2$$

Периметр пожара также определяем графически по схеме объекта:

$$P_{\Pi} = 2 \cdot (16 + 12) + 2 \cdot (13,8 + 2) + 2 \cdot 2 = 91,6 \text{ м}$$

Фронт пожара также определяем графически по схеме объекта:

$$\Phi_{\Pi} = 2 \cdot 12 + 2 \cdot 4 = 32 \text{ м}$$

Скорость роста площади пожара:

$$V_s = \frac{213}{14} = 15,2 \text{ м}^2 / \text{мин}$$

Скорость роста периметра пожара:

$$V_p = \frac{91,6}{14} = 6,54 \text{ м} / \text{мин}$$

Скорость роста фронта пожара:

$$V_{\Phi} = \frac{32}{14} = 2,30 \text{ м} / \text{мин}$$

Параметры пожара на момент введения сил и средств первым пожарным подразделением

Время ввода сил и средств:

$$\tau_{\text{вв.1}} = \tau_{\text{дс}} + \tau_{\text{сб}} + \tau_{\text{сл.1}} + \tau_{\text{бр.м}}, \quad (3.4.10)$$

$$\tau_{\text{вв.1}} = \tau_{\text{дс}} + \tau_{\text{сб}} + \tau_{\text{сж.1}} + \tau_{\text{бр}} = 8 + 1 + 5 + 2,6 = 16,6 \text{ мин}$$

где  $\tau_{\text{бр}} = 2,6 \text{ мин}$  - время боевого развертывания.

Путь, пройденный огнем от начала развертывания до введения первых стволов на тушение.

Определим добавочное расстояние к пройденному:

$$L = V_{\text{лин}} \cdot \tau_{\text{бр}}, \text{ м}, \quad (3.4.11)$$

$$L = 5 \cdot 0,9 = 4,5 \text{ м}$$

Форма пожара сложная, огонь охватит всю игровую комнату, огонь вышел в коридор, соседние помещения (комнату для групповых занятий).

Площадь пожара определяем графически по схеме объекта:

$$S_{\text{п}} \approx 220 + 28 + 7,5 + 5,9 + 5,3 + 9,6 = 276,3 \text{ м}^2$$

Периметр пожара также определяем графически по схеме объекта:

$$P_{\text{п}} \approx 2 \cdot (20 + 12) + 20 + 2 \cdot 2 + 5,5 + 3,5 + 9,7 \cdot 2 + 2,3 + 4,1 = 122,8 \text{ м}$$

Фронт пожара также определяем графически по схеме объекта:

$$\Phi_{\text{п}} \approx 5,5 + 4,1 = 9,6 \text{ м}$$

Скорость роста площади пожара:

$$V_s = \frac{276,3}{16,6} = 16,6 \text{ м}^2 / \text{мин}$$

Скорость роста периметра пожара:

$$V_p = \frac{122,8}{16,6} = 7,4 \text{ м} / \text{мин}$$

Скорость роста фронта пожара:

$$V_{\phi} = \frac{9,6}{16,6} = 0,6 \text{ м} / \text{мин}$$

### 3.4.3 Расчет сил и средств на тушение пожара

Т.к. путь, пройденный огнем, больше глубины тушения одним стволом, то площадь тушения определяем по формуле:

$$S_T = n \cdot a \cdot h_m, \text{ м}^2, \quad (3.4.12)$$

$$S_T = 3 \cdot 9,6 \cdot 5 = 144 \text{ м}^2$$

Принимаем ручные стволы с глубиной тушения 5 м. Подача стволов осуществляется с двух направлений, т.к. с других сторон пожар ограничен стенами.

Требуемый расход воды на тушение

Линейная интенсивность тушения водой определяется по формуле:

$$I_{\text{л}} = I_s \cdot h_t, \text{ л / (с} \times \text{м)}, \quad (3.4.13)$$

$$I_{\text{л}} = 0,2 \cdot 5 = 1 \text{ л / (с} \times \text{м)}$$

Требуемый расход воды на тушение:

$$Q_{\text{тр}} = S_T \times I_{\text{тр}}, \text{ л / с}, \quad (3.4.14)$$

$$Q_{\text{тр}} = 144 \times 0,2 = 28,8 \text{ л / с}$$

Требуемый расход воды на защиту:

$$Q_{\text{защ.тр}} = S_{\text{защ}} \times I_{\text{тр}}^{\text{защ}}, \text{ л / с}, \quad (3.4.15)$$

где  $S_{\text{защ}}$  – защищаемая площадь,  $\text{м}^2$ ;

$I_{\text{тр.}}^{\text{защ}}$  – требуемая интенсивность подачи воды на защиту:

$$I_{\text{тр.}}^{\text{защ}} = 0,25 \times I_{\text{тр}}, \text{ л / (с} \cdot \text{м}^2)$$

$$I_{\text{тр.}}^{\text{защ}} = 0,25 \times 0,2 = 0,05 \text{ л / (с} \cdot \text{м}^2)$$

$$Q_{\text{защ.тр}} = 144 \times 0,05 = 7,2 \text{ л / с}$$

Общий расход воды:

$$Q_{\text{тр}} = Q_{\text{тр.}}^{\text{т}} + Q_{\text{тр.}}^{\text{защ}}, \text{ л / с}, \quad (3.4.16)$$

$$Q_{\text{тр}} = 28,8 + 7,2 = 36 \text{ л / с}$$

Требуемое количество стволов на тушение:

$$N_{\text{СТВ}}^{\text{ТУШ}} = \frac{Q_{\text{тр}}^{\text{ТУШ}}}{q_{\text{СТВ}}} , \quad (3.4.17)$$

Для организации пожаротушения принимаем стволы РС-70 ( $q_{\text{ств}} = 7,4 \text{ л/с}$ ):

$$N_{\text{СТВ}}^{\text{ТУШ}} = \frac{28,8}{7,4} = 4 \text{ ств. РС-70}$$

Требуемое количество стволов на защиту:

$$N_{\text{СТВ}}^{\text{защ}} = \frac{Q_{\text{тр}}^{\text{защ}}}{q_{\text{СТВ}}} \quad (3.4.18)$$

$$N_{\text{СТВ}}^{\text{защ}} = \frac{7,2}{3,7} = 2$$

Для организации защиты принимаем стволы РС-50 ( $q_{\text{ств}} = 3,7 \text{ л/с}$ )

Из соображений тактики, подаем два ствола РС-50 на защиту смежных помещений и два ствола РС-50 смежных этажей.

Тогда, фактический расход воды на тушение:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{т}} = N_{\text{СТВ}}^{\text{т}} \times q_{\text{СТВ}} = 4 \times 7,4 = 29,6 \text{ л/с}$$

Фактический расход воды на защиту:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{защ}} = N_{\text{СТВ}}^{\text{защ}} \times q_{\text{СТВ}} = 4 \times 3,7 = 14,8 \text{ л/с}$$

Общий расход воды на тушение и защиту:

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{тр}}^{\text{т}} + Q_{\text{тр}}^{\text{защ}} , \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{ф}} = 29,6 + 14,8 = 44,4 \text{ л/с}$$

Для обеспечения пожаротушения необходимы 2 условия:

- число пожарных гидрантов должно быть меньше количества пожарных автомобилей, требующих установки на гидранты ( $N_{\text{гг}} \geq N_{\text{авт.}}$ );
- водоотдача сети должна быть больше расхода воды на цели пожаротушения ( $Q_{\text{сети}} \geq Q_{\text{ф}}$ ).

Согласно справочным данным водоотдача сети составляет 110 л/с (для кольцевой сети диаметром 200 мм и напоре 30 м). Следовательно, необходимое количество воды для тушения пожара на объекте имеется.

Максимальное расстояние, на которое можно осуществить подачу огнетушащих средств от пожарных гидрантов определяют по формуле:

$$L_{np} = \frac{H_n - (H_p \pm Z_m \pm Z_{ств})}{Q^2 \cdot S} \times \frac{20}{1,2} \quad (3.4.19)$$

$$L_{np} = \frac{100 - (40 \pm 0 + 3,6)}{14,8^2 \cdot 0,015} \times \frac{20}{1,2} = 286 \text{ м}$$

где  $H_n$  – развиваемый напор на пожарном насосе, равный 90-100 м;

$Z_m$  – высота подъёма или спуска местности, м;

$S$  – гидравлическое сопротивление рукава;

$H_p$  – напор на разветвлении, 40-50 м;

$Z_{ств}$  – высота подъёма или спуска ствола от разветвления, м;

$Q$  – расход воды по наиболее загруженной магистральной линии, л/с

«20» – длина одного напорного рукава, м;

«1,2» – коэффициент рельефа местности.

Так как водоисточники расположены на удалении не более 140 м, а пожарный водоем на расстоянии 120 м, то условие  $L_{пред} > L$  выполняется. Следовательно, требуемый напор воды на стволе обеспечен.

Количество пожарных автомобилей, подлежащих установке на водоисточники:

$$N_{авт} = \frac{Q_{ф}}{0,8 \times Q_n} \quad (3.4.20)$$

$$N_{авт} = \frac{44,4}{0,8 \times 40} = 2,$$

где 0,8 – коэффициент полезного действия пожарного насоса;

$Q_n$  – производительность пожарного насоса, л/с.

Численность личного состава для тушения пожара определяется по формуле:



$$N_{л.с} = N_{ГДЗС} \times 3 + N_{ств."РС-50"}^{защ} \times 2 + N_{ПБ} + N_{разв} \times 1 \quad (3.4.21)$$

$$N_{л.с} = 6 \times 3 + 2 \times 2 + 6 + 3 \times 1 = 31 \text{ чел}$$

где  $N_{ГДЗС} = 6$  - количество звеньев ГДЗС (4 ствола РС-70 на тушение и 2 ствола РС-50 на защиту) («3» – состав звена ГДЗС);

$N_{ств."РС-50"}^{защ} = 2$  - количество работающих стволов РС-50 по защите этажей;

«2» – два человека, работающих с одним стволом;

$N_{ПБ} = 6$  – число постов безопасности;

$N_{разв} = 3$  – количество пожарных на разветвлении (по количеству разветвлений).

Количество отделений пожаротушения определяется по формуле:

$$N_{отд.} = \frac{N_{л.с.}}{4} \quad (3.4.22)$$

$$N_{отд.} = \frac{31}{4} = 8 \text{ отд}$$

Фактическое количество личного состава:

$$N_{л.с.}^{фак} = \left( N_{л.с.}(АЦ) + N_{л.с.}(АН) \right) \times \frac{K}{100} = (4 + 9) \times \frac{75}{100} = 10 \text{ чел}$$

*Вывод о достаточности сил и средств:* с учетом укомплектованности подразделений по номеру вызова №1, сил и средств недостаточно:

Согласно расписанию выезда пожарных подразделений требуемое количество сил и средств для тушения пожара необходимо установить, как для номера вызова №2.

#### **3.4.4 Параметры пожара на момент ввода сил и средств по второму номеру вызова**

Время ввода сил и средств подразделениями по второму номеру определяется по формуле:

$$\tau_{\text{вв.2}} = \tau_{\text{св}} + (\tau_{\text{сл.2}} - \tau_{\text{сл.1}}) \quad (3.4.23)$$

$$\tau_{\text{вв.2}} = 16,6 + (7 - 5) = 18,6 \text{ мин}$$

где  $\tau_{\text{сл.2}}$  – время следования подразделений по 2-му номеру до места пожара (согласно расписанию выезда), мин.

Путь, пройденный огнем, к моменту ввода сил и средств подразделениями, прибывшими по второму номеру вызова (добавочное расстояние). При этом учитываем, что линейная скорость развития пожара уменьшается с введением первых стволов на тушение в два раза:

$$L = \frac{V_{\text{лин}} \cdot (\tau_{\text{сл.2}} - \tau_{\text{сл.1}})}{2}, \text{ м} \quad (3.4.24)$$

$$L = \frac{0,9 \cdot (7 - 5)}{2} = 0,9 \text{ м}$$

Площадь пожара определяем графически по схеме объекта:

$$S_{\text{п}} \approx 276,3 + 5,6 + 2,7 = 284,6 \text{ м}^2$$

Периметр пожара также определяем графически по схеме объекта:

$$P_{\text{п}} \approx 2 \cdot (20 + 12) + 20 + 2 \cdot 2 + 5,5 + 3,5 + 9,7 \cdot 2 + 6,9 + 4,8 + 1,4 = 129,5 \text{ м}$$

Фронт пожара также определяем графически на схеме объекта:

$$\Phi_{\text{п}} \approx 6,9 + 4,8 + 1,4 = 13,1 \text{ м}$$

Скорость роста площади пожара:

$$V_s = \frac{284,6}{18,6} = 15,3 \text{ м}^2 / \text{мин}$$

Скорость роста периметра пожара:

$$V_p = \frac{129,5}{18,6} = 7,0 \text{ м} / \text{мин}$$

Скорость роста фронта пожара:

$$V_{\phi} = \frac{13,1}{18,6} = 0,7 \text{ м} / \text{мин}$$

Площадь тушения:

$$S_{\text{т}} = 3 \cdot 13,1 \cdot 5 = 196,5 \text{ м}^2$$

Расход огнетушащих средств на тушение:

$$Q_{\text{тр}} = 196,5 \times 0,2 = 39,3 \text{ л / с}$$

Расход огнетушащих средств на защиту:

$$Q_{\text{заш.тр}} = 196,5 \times 0,05 = 9,8 \text{ л / с}$$

Общий расход воды:

$$Q_{\text{тр}} = 39,3 + 9,8 = 49,1 \text{ л / с}$$

При тушении используем стволы РС-70 ( $q_{\text{ств}} = 7,4 \text{ л / с}$ ):

$$N_{\text{ств}}^{\text{туш}} = \frac{39,3}{7,4} = 6 \text{ ств. РС - 70}$$

Количество стволов на защиту:

$$N_{\text{ств}}^{\text{заш}} = \frac{9,8}{3,7} = 3$$

На защиту используем стволы РС-50 ( $q_{\text{ств}} = 3,7 \text{ л / с}$ )

Из тактических особенностей принимаются 2 ствола РС-50 на защиту смежных помещений и 2 ствола РС-50 на защиту второго этажа и автомобильной стоянки.

Фактический расход воды:

$$Q_{\text{ф.}}^{\text{т}} = N_{\text{ств.}}^{\text{т}} \times q_{\text{ств}} = 6 \times 7,4 = 44,4 \text{ л / с}$$

Фактический расход воды на защиту:

$$Q_{\text{ф.}}^{\text{заш}} = N_{\text{ств.}}^{\text{заш}} \times q_{\text{ств}} = 4 \times 3,7 = 14,8 \text{ л / с}$$

Фактический расход воды на тушение и защиту:

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{тр.}}^{\text{т}} + Q_{\text{тр.}}^{\text{заш}}, \text{ л / с}$$

$$Q_{\text{ф}} = 44,4 + 14,8 = 59,2 \text{ л / с}$$

Число пожарных автомобилей, подлежащих установке на водоисточники:

$$N_{\text{авт}} = \frac{59,2}{0,8 \times 40} = 2,$$

где 0,8 – коэффициент полезного действия пожарного насоса;

$Q_n$  – производительность пожарного насоса, л/с.

Требуемая численность личного состава для тушения:

$$N_{л.с} = 8 \times 3 + 2 \times 2 + 8 + 3 \times 1 = 39 \text{ чел}$$

где  $N_{ГДЗС} = 8$  – число звеньев ГДЗС (6 звеньев для подачи стволов РС-70 и 2 звена для подачи стволов РС-50);

«3» – численный состав звена ГДЗС;

$N_{ств."РС-50"}^{защ} = 2$  – число стволов РС-50 на защите;

«2» – два человека, работающих с каждым стволом;

$N_{пб} = 8$  – число постов безопасности;

$N_{разв} = 3$  – число пожарных на разветвлениях.

Количество отделений пожаротушения:

$$N_{отд.} = \frac{39}{4} = 10 \text{ отд}$$

Согласно расписанию выезда пожарных подразделений требуемое количество сил и средств для тушения пожара необходимо установить, как для номера вызова №3.

### **3.4.5 Параметры пожара на момент ввода сил и средств подразделениями по третьему номеру вызова**

Время ввода сил и средств определяется по формуле:

$$\tau_{вв.2} = \tau_{св} + (\tau_{сл.3} - \tau_{сл.1}) \quad (3.4.25)$$

$$\tau_{вв.2} = 16,6 + (12 - 5) = 23,6 \text{ мин}$$

где  $\tau_{сл.3}$  – время следования пожарных подразделений от пожарной части к месту пожара по третьему номеру (согласно расписанию выезда), мин.

Определим путь, пройденный огнем, к моменту ввода сил и средств по третьему номеру вызова (определяем добавочное расстояние). Учитываем, что линейная скорость пожара уменьшилась с введением первых стволов на тушение в два раза:

$$L = \frac{V_{\text{лин}} \cdot (\tau_{\text{сл.3}} - \tau_{\text{сл.1}})}{2}, \text{ м} \quad (3.4.26)$$

$$L = \frac{0,9 \cdot (12 - 11)}{2} = 0,45 \text{ м}$$

Площадь пожара определяем графически по схеме объекта:

$$S_{\Pi} \approx 284,6 + 3,3 + 0,8 + 2,3 = 291,0 \text{ м}^2$$

Периметр пожара также определяем графически по схеме объекта:

$$P_{\Pi} \approx 129,5 + 7,6 + 5,5 + 2,1 = 144,7 \text{ м}$$

Фронт пожара определяем графически по схеме объекта:

$$\Phi_{\Pi} \approx 7,6 + 5,5 + 2,1 = 15,2 \text{ м}$$

Скорость роста площади пожара:

$$V_s = \frac{291}{23,6} = 12,3 \text{ м}^2 / \text{мин}$$

Скорость роста периметра пожара:

$$V_p = \frac{144,7}{23,6} = 6,1 \text{ м} / \text{мин}$$

Скорость роста фронта пожара:

$$V_{\phi} = \frac{15,2}{23,6} = 0,6 \text{ м} / \text{мин}$$

Площадь тушения:

$$S_T = 3 \cdot 15,2 \cdot 5 = 228,0 \text{ м}^2$$

Расход огнетушащих средств на тушение:

$$Q_{\text{тр}} = 228,0 \times 0,2 = 45,6 \text{ л} / \text{с}$$

Расход огнетушащих средств на защиту:

$$Q_{\text{защ.тр}} = 228 \times 0,05 = 11,4 \text{ л} / \text{с}$$

Общий расход воды:

$$Q_{\text{тр}} = 45,6 + 11,4 = 57,0 \text{ л} / \text{с}$$

При тушении используем стволы РС-70 ( $q_{\text{ств}} = 7,4 \text{ л} / \text{с}$ ):

$$N_{\text{СТВ}}^{\text{ТУШ}} = \frac{45,6}{7,4} \approx 6 \text{ ств. РС} - 70$$

Требуемое количество стволов на защиту:

$$N_{\text{СТВ}}^{\text{заш}} = \frac{11,4}{3,7} = 4$$

На защиту используем стволы РС-50 ( $q_{\text{ств}} = 3,7 \text{ л/с}$ )

Из тактических особенностей объекта принимаем подачу 2-х стволов РС-50 на защиту смежных помещений и двух ствола РС-50 на защиту 2-го этажа и парковки.

Фактический расход воды:

$$Q_{\text{ф.}}^{\text{T}} = N_{\text{СТВ.}}^{\text{T}} \times q_{\text{СТВ}} = 6 \times 7,4 = 44,4 \text{ л/с}$$

Фактический расход воды на защиту:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{заш}} = N_{\text{СТВ.}}^{\text{заш}} \times q_{\text{СТВ}} = 4 \times 3,7 = 14,8 \text{ л/с}$$

Общий фактический расход воды:

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{пр.}}^{\text{м}} + Q_{\text{пр.}}^{\text{заш}}, \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{ф}} = 44,4 + 14,8 = 59,2 \text{ л/с}$$

Требуемое количество автомобилей, подлежащих установке на водоисточники:

$$N_{\text{авт}} = \frac{59,2}{0,8 \times 40} = 2$$

Требуемая численность личного состава для тушения пожара:

$$N_{\text{л.с}} = 8 \times 3 + 2 \times 2 + 8 + 3 \times 1 = 39 \text{ чел}$$

Требуемое количество отделений пожаротушения:

$$N_{\text{отд.}} = \frac{39}{4} = 10 \text{ отд}$$

Согласно расписанию выезда пожарных подразделений требуемое количество сил и средств для тушения пожара необходимо установить, как для номера вызова №3.

На рисунка 3.2 и 3.3 приведены схема развития пожара в ТЦ и расчетная схема.

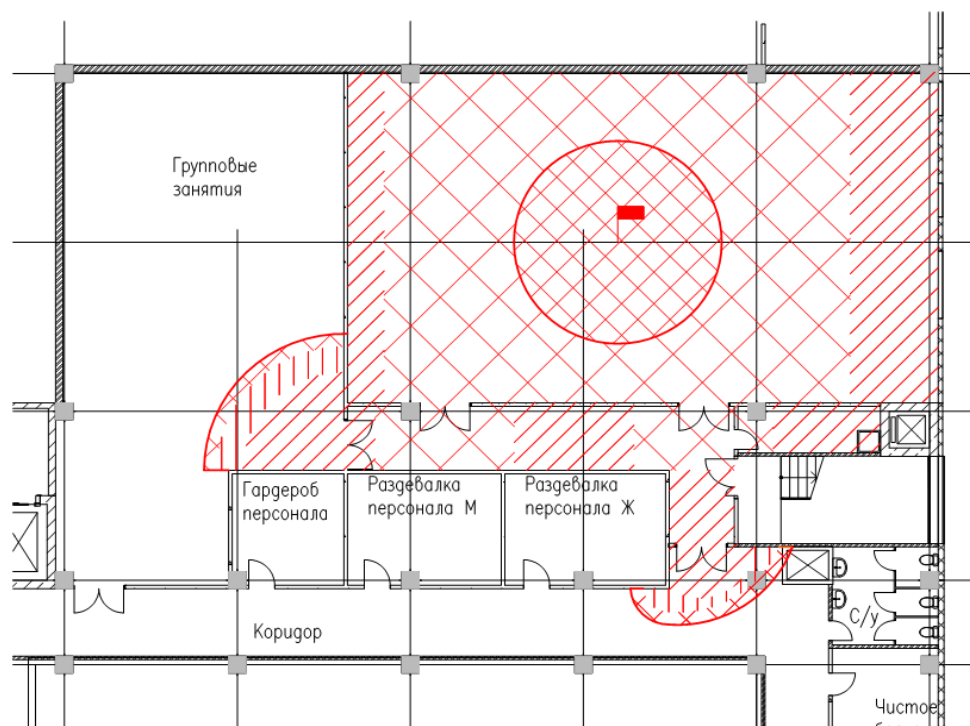


Рисунок 3.2 Развитие пожара в плане ТЦ

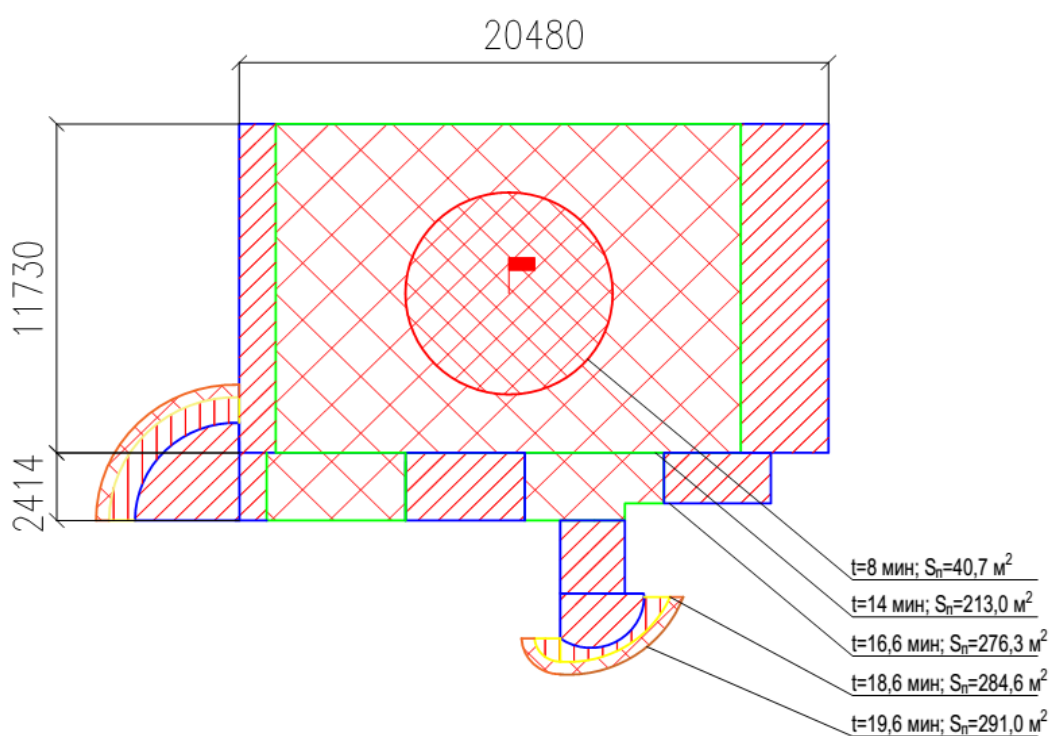


Рисунок 3.3 Расчетная схема развития пожара

### 3.4.6 Время прибытия на пожар службы пожаротушения

Время прибытия к месту вызова службы пожаротушения равно времени прибытия к месту вызова третьего подразделения по 2-му номеру вызова:

$$\tau_{\text{спт}} = \tau_{\text{д.с.}} + \tau_{\text{сб}} + \tau_{\text{сл.}} \quad (3.4.27)$$

$$\tau_{\text{спт}} = 8 + 1 + 9 = 18 \text{ мин}$$

где  $\tau_{\text{сл.}}$  – время следования 3-го подразделения от места дислокации до пожара (определяется по расписанию выезда пожарных подразделений, мин).

### 3.4.7 Требуемое количество начальствующего состава и количество огнетушащих средств

Требуемое количество начальствующего состава для управления силами и средствами на пожаре определяется по формуле:

$$N_{\text{НС}} = 0,119 \cdot N_{\text{отд}}^{0,587} \cdot N_{\text{л/с}}^{0,732}, \quad (3.4.28)$$

$$N_{\text{НС}} = 0,119 \cdot 10^{0,578} \cdot 40^{0,732} = 7 \text{ чел}$$

где  $N_{\text{отд}}$  – число основных пожарных автомобилей на пожаре;

$N_{\text{л/с}}$  – численность личного состава подразделений.

Таким образом, количество участников тушения пожара составит не менее 47 человек (40 пожарных и 7 человек звена управления).

Требуемый запас воды для рассматриваемого варианта тушения пожара определим, исходя из интенсивности подачи огнетушащих средств и времени тушения пожара (0,5 часа):

$$W_{\text{тр}}^{\text{туш}} = I_{\text{уд}}^{\text{норм}} \cdot S_{\text{n}} \cdot \tau_{\text{туш}}, \quad (3.4.29)$$

$$W_{\text{тр}}^{\text{туш}} = 0,2 \cdot 291 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 104760 \text{ л} = 104,76 \text{ м}^3$$

Запас воды на защиту:

$$W_{\text{тр}}^{\text{защ}} = q_{\text{стб}}^{\text{защ}} \cdot n_{\text{стб}} \cdot \tau_{\text{туш}}, \quad (3.4.30)$$



$$W_{mp}^{защ} = 3,5 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 25200 л = 25,2 м^3$$

Таким образом, запас воды на тушение и защиту составит:

$$W_{\phi} = W_{\phi}^{туш} + W_{\phi}^{защ} \quad (3.4.31)$$

$$W_{\phi} = 104,76 \cdot 10^3 + 25,2 \cdot 10^3 = 130,0 \cdot 10^3 л = 130,0 м^3$$

### 3.5 Расчет оптимальности насосно – рукавных систем при подаче воды

Расстояния от места возникновения пожара до ближайших гидрантов  $L_j$ , м, определяется по схеме расположения ТЦ на местности:

$$L_1 = 60 м, \quad L_2 = 80 м$$

Число рукавов в магистральной линии от водоисточника до места пожара:

$$n_p = \frac{k \cdot L}{l_p}, \quad (3.5.1)$$

где  $L$  - расстояние от пожарного гидранта до места возникновения горения, м;

$l_p$  - длина пожарного рукава,  $l_p = 20 м$ ;

$k$  - коэффициент неровности местности,  $k = 1,2$ .

$$n_{p1} = \frac{1,2 \cdot 60}{20} = 4 \text{рук};$$

$$n_{p2} = \frac{1,2 \cdot 80}{20} = 5 \text{рук}.$$

Условный предельный расход магистральной линии  $Q_{npj}^{рас}$  находим по формуле:

$$Q_{npj}^{рас} = \sqrt{\frac{\Delta H_j}{S_{pj} \cdot n_{pj}}}, \quad (3.5.2)$$

где

$$\Delta H_j = H_{\text{н}}^{\text{max}} - 10 - H_{\text{ств}} - 0,17 \cdot n_{\text{pj}} \cdot Y_j \pm Z_j.$$

$$\Delta H_1 = 100 - 10 - 40 + 0,17 \cdot 4 \cdot 0 + 0 = 50 \text{ м}.$$

$$Q_{\text{пр1}}^{\text{рас}} = \sqrt{\frac{50}{0,015 \cdot 4}} = 28,9 \text{ л/с}$$

Предельный расход определяем из условия:

$$Q_{\text{пр1}} = \min \{Q_{\text{прj}}^{\text{рас}}; Q_{\text{р}}^{\text{max}}\} \Rightarrow \min \{28,9; 14,8\} \Rightarrow 14,8 \text{ л/с}, \quad (3.5.3)$$

Предельный расход для второго гидранта:

$$\Delta H_2 = 100 - 10 - 40 + 0,17 \cdot 5 \cdot 0 + 0 = 50 \text{ м}.$$

$$Q_{\text{пр2}}^{\text{рас}} = \sqrt{\frac{50}{0,015 \cdot 5}} = 25,8 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{пр2}} = \min \{Q_{\text{прj}}^{\text{рас}}; Q_{\text{р}}^{\text{max}}\} \Rightarrow \min \{28,9; 25,8\} \Rightarrow 25,8 \text{ л/с}$$

Стволы по магистральным линиям распределены так, чтобы условия оптимальной работы насосно – рукавных систем выполнялись, т.е.  $Q_{\text{м.л.}} \rightarrow Q_{\text{пр}}$ .

Рассчитываем напор на насосе пожарного автомобиля по наиболее нагруженной магистрали.

Требуемый напор на насосе, м, определяем по формуле:

$$H_{\text{н}}^{\text{тр}} = n_{\text{м.л.}} \cdot (S_{\text{м.л.}} Q_{\text{м.л.}}^2 + 0,17 \cdot Y) + \Delta h_{\text{разв}} + n_{\text{р}} \cdot S_{\text{р}} \cdot q_{\text{ств}}^2 + H_{\text{ств}} \pm Z_{\text{ств}} \quad (3.5.4)$$

где  $n_{\text{м.л.}}$  - число рукавов магистральной линии, шт;

$S_{\text{р}}$  и  $S_{\text{м.л.}}$  - удельные сопротивления рукавов в рабочей и магистральной

линиях, соответственно;

$\Delta h$  - потери напора в разветвлении,  $3 \div 5$  м;

$n_{\text{м.л.}}$ ,  $n_{\text{р}}$  - количество рукавов в линиях;

$H_{\text{ств}}$  - напор воды на стволе, м;

$U$  - уклон местности к пожару, % («+» - подъем, «-» - спуск);

$Z_{ств}$  - перепад высот между ствольщиком и отметкой установки

разветвления, м.

$$H_H^{тр} = 5 \cdot (0,015 \cdot 18,5^2 - 0,17 \cdot 0) + 40 + 2 \cdot 0,15 \cdot 3,5^2 + 0 + 4 = 73 \text{ м}$$

$$H_H^{тр} = 4 \cdot (0,015 \cdot 14,8^2 - 0,17 \cdot 0) + 40 + 2 \cdot 0,077 \cdot 7,4^2 + 0 + 0 = 62 \text{ м}$$

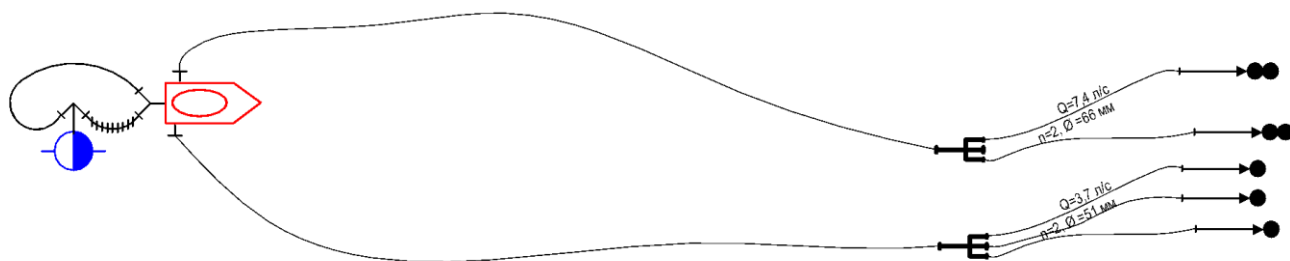


Рисунок 3.4 Схема подачи стволов от пожарного гидранта №1

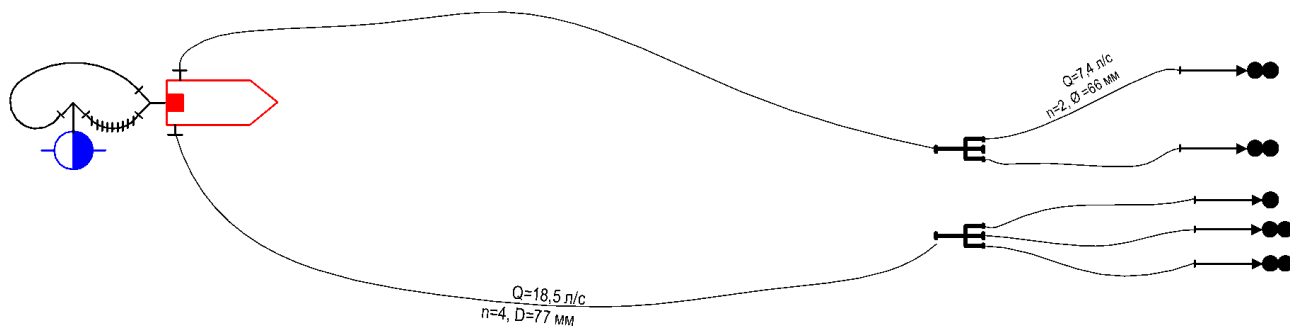


Рисунок 3.5 Схема подачи стволов от пожарного гидранта №2

76

### **3.6 Мероприятия по предупреждению и ликвидации пожаров**

В связи с риском возникновения возгораний, в торговых центрах реализуется комплекс мероприятий по обеспечению предупреждения и ликвидации пожаров:

- устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- оборудование зданий и сооружений установками пожарной автоматики, организация их периодических проверок;
- внедрение систем противодымной защиты;
- применение систем коллективной защиты (в т. ч. противодымной), средств индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;
- применение первичных средств пожаротушения;
- оборудование зданий автоматическими и (или) автономными установками пожаротушения.

Пожарная автоматика включает в себя контрольно-приемные устройств и контроллеры для того, чтобы соединять контрольно-приемные устройства с компьютером сотрудников службы безопасности самого объекта, а также датчики, реагирующие на изменения состава и температуры воздуха. Кроме того, на объекте должны быть кнопки пожарной сигнализации для вызова вневедомственной охраны и объектовой охраны.

## 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целью исследования является организация и тактика тушения пожара на объекте торговли. Потенциальными потребителями проведенного исследования являются подразделения Государственной противопожарной службы.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В таблице 4.1 приведена оценочная карта конкурентных технических решений для выполнения расчета. Сравнение осуществляется для методик – методика ручного счета, применяющаяся в подразделениях Государственной противопожарной службы, и методика расчета с использованием специализированного программного продукта.

Таблица 4.1

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений  
(разработки)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>руч</sub>	Б <sub>пр</sub>	К <sub>руч</sub>	К <sub>пр</sub>
1	2	3	4	5	6
Критерии оценки эффективности применения методики расчета					
1.Спрос методики	0,1	4	3	0,4	0,3
2.Удобство методики	0,12	5	4	0,6	0,48
3.Точность расчета	0,08	4	5	0,32	0,4
4.Возможности расчета	0,06	5	3	0,3	0,18

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
5.Универсальность метода	0,08	5	4	0,4	0,32

6.Эффективность	0,1	3	3	0,3	0,3
7.Погрешность	0,2	2	2	0,4	0,4
8.Эксплуатация подразделений Государственной противопожарной службы в	0,1	5	2	0,5	0,2
9.Требовательность к исходным данным	0,3	5	5	1,5	1,5
Итого	1	38	31	4,72	4,08

где  $B_{руч}$  – методика ручного счета;  $B_{пр}$  – методика с использованием программного продукта.

Конкурентные технические решения определяются по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность разработки;

$B_i$  – вес показателя в долях единицы;

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Вывод: конкурентоспособность метода расчета сил и средств для тушения пожара вручную оценена в 4,72 балла, конкурентоспособность метода расчета с использованием программных средств – в 4,08 балла.

Численные оценки показывают, что метод ручного счета является наиболее эффективным методом для подразделений Государственной противопожарной службы.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта.

В рамках этапа осуществляется составление итоговой матрицы SWOT-анализа. Результаты учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках исследования.

Таблица 4.2

## SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Актуальность проекта С2. Наличие достоверной информации С3. Использование современных методов исследования С4. Выполнение требований законодательства	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие опыта в этой сфере исследования. Сл2. Отсутствие бюджетного финансирования. Сл.3. Трудоемкость исследования Сл.4. Высокие затраты времени
Возможности: В1. Использование по отношению к любому объекту В2. Обоснование сил и средств на тушение пожара В3. Рост потребности в оценке безопасности В4. Повышение уровня пожарной безопасности	В1С1С2С3С4, В2С1С2С3С4, В3С1С2С3С4, В4С1С2С3С4.	В3Сл3Сл4.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса У2. Несвоевременное финансовое обеспечение У3. Возможность изменения методики	У3С1С3С4	У1Сл2, У2Сл1Сл3Сл4, У3Сл2

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

## 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, распределяем исполнителей по видам работ.

Таблица 4.3

## Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы ВКР	Руководитель
	2	Календарное планирование ВКР	Студент
Выбор направления исследования	3	Подбор материала по теме ВКР	Студент
	4	Изучение литературы по теме ВКР	Студент



Теоретические исследования	5	Написание теоретической части ВКР	Руководитель, студент
	6	Расчет сил и средств для организации тушения пожара на объекте торговли, расчет фактического и требуемого времени эвакуации людей при пожаре	Студент
	7	Оценка ущерба от вероятного пожара	Студент
Обобщение и оценка полученных результатов	8	Обобщение и оценка полученных результатов (номер вызова на пожар, требуемое и фактическое время эвакуации людей при пожаре, величина ущерба от пожара, количество сил и средств на тушение условного пожара)	Руководитель, студент
Оценка полученных результатов	9	Анализ полученных результатов	Руководитель, студент
	10	Подведение итогов	Студент
	11	Оформление итогового варианта ВКР	Студент

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{ожи}$  используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3 \times t_{мини} + 2 \times t_{махи}}{5} \quad (4.2.1)$$

где  $t_{ожи}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{мини}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{махи}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, т.к.

удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{\text{Ч}_i}, \quad (4.2.2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$\text{Ч}_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (4.3.1)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4.3.2)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{364}{364 - 118} = 1,48$$

Таблица 4.4

## Временные показатели проведения научного исследования

Название мероприятия	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ календарных в днях $T_{ki}$
	$t_{mini}$ , чел× дни	$t_{maxi}$ , чел× дни	$t_{oji}$ , чел× дни			
1	2	3	4	5	6	7
Составление и утверждение темы проекта	3	7	4,6	Руководитель	4,6	6,9
Выдача задания по тематике НИ	2	5	3,2	Студент	3,2	4,8
Постановка задачи	5	10	7	Студент	21	31,5
Определение стадий, этапов и сроков разработки НИ	2	5	3,2	Руководитель , студент	1,6	1,95
Изучение литературы по теме	20	30	24	Студент	24	36
Сбор материалов и анализ существующих методик	15	25	19	Студент	19	28,5
Анализ конкурентных методик	10	15	12	Студент	12	18
Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	10	15	12	Руководитель , студент	6	9

## Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6	7
Оценка эффективности и полученных результатов	5	10	7	Руководитель , студент	3,5	5,25
Анализ результатов	2	5	3,2	Студент	3,2	4,8
Итого:					98,1	146,7

На основании таблицы 4.2 строим календарный план-график.  
Календарный план-график приведен на рис.4.1.



## 4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

### 4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \times \sum_{i=1}^m Ц_i \times T_{расхi} \quad (4.4.1)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, используемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$Ц_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 4.5

Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Бумага	л.	300	2,4	720
Краска для принтерных картриджей	шт.	1	1260	1260
Интернет	мес.	4	360	1440
Книги, литература	шт.	2	1000	2000
Ручки	шт.	2	100	200
Тетради	шт.	2	150	300
Итого				5920

### 4.4.2 Расчет материальных затрат НТИ

Стоимость программного обеспечения (ПО), используемого при выполнении научно-исследовательской работы, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Определить годовую величину амортизационных отчислений методом уменьшаемого остатка можно так:

$$K = \frac{1}{n} \times 100\% \quad (4.4.2)$$

где  $K$  – величина амортизационных отчислений за год;

$n$  – срок эксплуатации, лет.

Размер ежемесячных расходов будущих периодов в течение 3-х лет эксплуатации ПО:

$$A = \frac{C \times K}{12} \quad (4.4.3)$$

где  $A$  – размер ежемесячных расходов будущих периодов;

$C$  – первичная стоимость имущества.

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (4.4.4)$$

где  $C_{\text{перв}}$  – первоначальная стоимость, руб;

$T_{\text{пи}}$  – время полезного использования, год.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 4.6.

Таблица 4.6

Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1	Ноутбук Lenovo	1	75000	1250
	Итого	1	75000	1250

#### 4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент по формуле:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (4.4.5)$$

где  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{\text{осн}}$ ).

Основная заработная плата  $Z_{\text{осн}}$  руководителя (студента) рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.4.6)$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.

дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \times M}{F_d}, \quad (4.4.7)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года ( $M=10,3$  месяца, 5 дневная неделя);

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, дн.

Таблица 4.7

Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарные дни	364	364
Количество нерабочих дней (выходные и праздничные дни)	118	118
Потери рабочего времени (отпуск, невыходы по болезни)	93	93
Действительный годовой фонд рабочего времени	153	153

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p \quad (4.4.8)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_p$  – районный коэффициент ( $k_p=1,2$ ).

Месячный оклад руководителя составляет 16680 рублей, студента – 2400 рублей, консультант ЭЧ – 34000, а консультант СО – 34000.



Таблица 4.8

## Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>тс</sub> , руб.	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	T <sub>р</sub> , раб. дн	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	13900	1,2	16680	1123	15,7	17631
Студент	2000	1,2	2400	162	82,4	13348,8
Консультант ЭЧ	20000	1,2	34000	2289	7	16023
Консультант СО	20000	1,2	34000	2289	7	16023
Итого						63025,8

**4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы**

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.4.9)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,13 – 0,14).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 20099 рублей, студента – 15217 рублей, консультант ЭЧ – 18266, консультант СО – 18266.

**4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (4.4.10)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2021 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании п. 6 ч. 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2021 году водится пониженная ставка – 30 %.

Таблица 4.9

## Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$Z_{осн}, \text{руб.}$	$Z_{доп}, \text{руб.}$	$Z_{внеб}, \text{руб.}$
Руководитель	20099	6029,7	26128,7
Студент	15217	4565,1	19782,1
Консультант ЭЧ	18266	5479,8	23745,8
Консультант СО	18266	5479,8	23745,8
Итого	71848	21554,4	93402,4

## 4.4.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (4.4.11)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов примем в размере 17%.

Таким образом, накладные расходы будут составлять:  $Z_{\text{накл}} = 5920 \cdot 0,17 = 1006,4$  руб.

#### 4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 4.10

## Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	5920	Пункт 4.4.1
2. Затраты на программное обеспечение для научных (экспериментальных) работ	1250	Пункт 4.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	63025,8	Пункт 4.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8823,6	Пункт 4.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	21554,4	Пункт 4.4.5
6. Накладные расходы	1006,4	Пункт 4.4.6
7. Бюджет затрат НТИ	101580,2	Сумма ст. 1-6

#### 4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Оценка эффективности осуществляется на основе расчета интегрального показателя эффективности исследования. Для его нахождения используется два средневзвешенных показателя: финансовая эффективность и ресурсоэффективность.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.5.1)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

В таблице 4.11 представлена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Таблица 4.11

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования, критерии	Весовой коэффициент параметра	С применением специализированных программ	Ручной расчет
1. Способствует росту производительности труда	0,2	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	2	5
3. Надежность	0,20	4	4
4. Воспроизводимость	0,25	3	3
5. Материалоемкость	0,25	2	2
ИТОГО	1	3,25	3,55

В таблице 4.12 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 4.12

Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,25	3,55
2	Интегральный показатель эффективности	3,25	3,55
3	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,09	

Вывод: из сравнительного анализ интегральных показателей эффективности следует, что выполнение исследования с использованием ручного счета эффективнее, чем выполнение по аналогичному варианту с использованием расчета с помощью специализированного программного обеспечения

#### 4.6 Оценка прямого ущерба от пожара

Прямой ущерб от пожара равен сумме ущерба основным производственным фондам и оборотным средствам:

$$Y_{\text{пр}} = C_{\text{опф}} + C_{\text{ос}}, \quad (4.6.1)$$

$$Y_{\text{пр}} = 8627420,8 + 16005000 = 24632420,8 \text{руб}$$

где  $C_{\text{опф}}$  – ущерб основным производственным фондам, руб.;

$C_{\text{ос}}$  – ущерб оборотным средствам, руб.

Ущерб оборотным средствам определяем, исходя из удельной стоимости товарно-материальных ценностей на объекте:

$$C_{\text{ос}} = S_{\text{пож}} \cdot C_{\text{уд}}, \quad (4.6.2)$$

$$C_{\text{ос}} = 291 \cdot 55000 = 16005000 \text{руб.}$$

где  $S_{\text{пож}} = 291 \text{ м}^2$  – площадь пожара,  $\text{м}^2$  (см. п.3.5.5);

$C_{\text{уд}} = 55000 \text{руб} / \text{м}^2$  – удельная стоимость товарно-материальных ценностей в ТЦ,  $\text{руб} / \text{м}^2$ .

Стоимость основных производственных фондов равна сумме стоимости материальных ценностей, необходимых организации для осуществления ее функций. Производственные фонды включают: технологическое оборудование, коммунально-энергетические сети, торговые помещения.

Ущерб основным производственным фондам рассчитаем по формуле:

$$C_{\text{опф}} = C_{\text{то}} + C_{\text{КЭС}} + C_{\text{з}}, \quad (4.6.3)$$

$$C_{\text{опф}} = 65894,4 + 246,4 + 8561280 = 8627420,8 \text{руб}$$

где  $C_{\text{то}}$  – ущерб технологическому оборудованию, руб.;

$C_{\text{КЭС}}$  – ущерб коммунально-энергетическим сетям, руб.;

$C_3$  – ущерб торговым помещениям, руб.

Ущерб оборудованию определим по следующей формуле:

$$C_{\text{то}} = \sum_{i=1}^n G_{\text{то}_i} \cdot C_{\text{тоост}_i}, \quad (4.6.4)$$

$$C_{\text{то}} = 0,0032 \cdot 20592000 = 65894,4 \text{руб}$$

где  $G_{\text{то}_i}$  – стоимость  $i$ -го технологического оборудования по отношению к стоимости всего оборудования;

$C_{\text{тоост}_i}$  – остаточная стоимость  $i$ -го технологического оборудования;

$n$  – количество видов различного оборудования, пострадавшего от пожара.

Относительная стоимость оборудования определяется через отношение площади пожара и общей площади помещений ТЦ [34]:

$$G_{\text{то}} = \frac{S_{\text{пож}}}{F_o} = \frac{291}{91000} = 0,0032, \quad (4.6.5)$$

где  $F_o$  – площадь объекта,  $\text{м}^2$ .

Остаточная стоимость технологического оборудования:

$$C_{\text{тоост}_i} = \sum_{i=1}^n n_{\text{то}_i} \cdot C_{\text{тобаз}} \cdot \left( 1 - \frac{H_{\text{ато}_i} \times T_{\text{тоифак}}}{100} \right), \quad (4.6.6)$$
$$C_{\text{тоост}} = 55 \cdot 585000 \cdot \left( 1 - \frac{4,5 \times 8}{100} \right) = 20592000 \text{руб.}$$

где  $C_{\text{тоост}_i}$  – остаточная стоимость  $i$ -го оборудования, руб.;

$C_{\text{тобаз}}$  – балансовая стоимость  $i$ -го оборудования, руб.;

$T_{\text{тофак}}$  – фактический срок эксплуатации  $i$ -го оборудования, год.

$n_{\text{то}_i}$  – количество  $i$ -го оборудования, ед.;

$H_{\text{ато}_i}$  – норма амортизации  $i$ -го оборудования, %;

$$H_{aTO_i} = \frac{1}{T_{TO_{\text{вал}}}} \cdot 100\% \quad (4.6.7)$$

$$H_{aTO_i} = \frac{1}{22} \cdot 100\% = 4,5\%$$

Ущерб коммунальным сетям (КЭС) рассчитываем по формуле:

$$C_{KЭС} = \sum_{i=1}^n G_{KЭС_i} \cdot C_{KЭС_{ост_i}} \quad (4.6.8)$$

$$C_{KЭС} = 0,0032 \cdot 77028 = 246,4 \text{руб}$$

где  $G_{KЭС_i} = TO_{ост_i}$  - относительная стоимость i-х КЭС;

$C_{KЭС_{ост_i}}$  - остаточная стоимость i-х КЭС;

n – виды КЭС, пострадавших на пожаре.

Остаточная стоимость КЭС:

$$C_{KЭС_{ост_{баз}}} = \sum_{i=1}^n n_{KЭС_i} \cdot C_{KЭС_i} \cdot \left( 1 - \frac{H_{aKЭС_{фак}} \times T_{KЭС_i}}{100} \right) \quad (4.6.9)$$

$$C_{KЭС_{ост}} = 3 \cdot 35000 \cdot \left( 1 - \frac{3,33 \times 8}{100} \right) = 77028 \text{руб.}$$

где  $C_{TO_{ост_i}}$  - остаточная стоимость i-х КЭС, руб.;

$n_{TO_i}$  - количество i-х КЭС, ед.;

$C_{TO_{баз}}$  - балансовая стоимость i-х КЭС, руб.;

$H_{aTO_i}$  - норма амортизации i-х КЭС, %;

$T_{TO_{фак}}$  - фактический срок эксплуатации i-х КЭС, год.

$$H_{aKЭС_i} = \frac{1}{T_{KЭС_{\text{вал}}}} \cdot 100\% \quad (4.6.10)$$

$$H_{aKЭС_i} = \frac{1}{30} \cdot 100\% = 3,33\%$$

Ущерб, нанесенный торговым помещениям, находится по формуле:

$$C_3 = \sum_{i=1}^n G_{3_i} \cdot C_{3_{\text{ост}_i}}, \quad (4.6.11)$$

$$C_3 = 0,0032 \cdot 2675400000 = 8561280 \text{руб}$$

где  $C_{3_{\text{ост}_i}} = C_{\text{ТОост}_i}$  – остаточная стоимость  $i$ -го помещения, руб.;

$n_{3_i}$  – количество  $i$ -х помещений, ед.;

$C_{3_{\text{баз}}}$  – балансовая стоимость  $i$ -го помещения, руб.;

$H_{a3_i}$  – норма амортизации  $i$ -го помещения, %;

$T_{3_{\text{фак}}}$  – фактический срок эксплуатации  $i$ -го помещения, год.

Остаточная стоимость торговых помещений:

$$C_{3_{\text{ост}_\text{баз}}} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot C_{3_i} \cdot \left( 1 - \frac{H_{a3_{\text{фак}}} \times T_{3_i}}{100} \right), \quad (4.6.12)$$

$$C_{3_{\text{ост}}} = 91000 \cdot 35000 \cdot \left( 1 - \frac{2,0 \times 8}{100} \right) = 2675400000 \text{руб.}$$

где  $C_{3_{\text{ост}_i}}$  – стоимость  $i$ -го торгового помещения, руб./м<sup>2</sup>;

$S_i$  – площадь  $i$ -го торгового помещения, м<sup>2</sup>;

$C_{3_{\text{баз}}}$  – балансовая стоимость  $i$ -го торгового помещения, руб.;

$H_{a3_i}$  – норма амортизации  $i$ -го торгового помещения, %;

$T_{3_{\text{фак}}}$  – фактический срок эксплуатации  $i$ -го торгового помещения, год.

$$H_{a3_i} = \frac{1}{T_{3_{\text{вал}}}} \cdot 100\% \quad (4.6.13)$$

$$H_{a3_i} = \frac{1}{50} \cdot 100\% = 2,0\%$$



#### 4.7 Оценка косвенного ущерба

Косвенный ущерб равен затратам, необходимым для тушения пожара и на восстановление торговых помещений для обеспечения их дальнейшего функционирования:

$$Y_k = C_{\text{ТП}} + C_B, \quad (4.7.1)$$

$$Y_k = 7365 + 10206522 = 10213887 \text{руб}$$

где  $C_{\text{ТП}}$  – средства на тушение пожара, руб.;

$C_B$  – затраты на восстановление работы ТЦ, руб..

Средства на тушение пожара определяются масштабами пожара, от которых зависят объемы аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Средства на тушение пожара определяем по формуле [34]:

$$C_{\text{ТП}} = C_{\text{о.с}} + C_T, \quad (4.7.2)$$

$$C_{\text{ТП}} = 3900 + 3465 = 7365 \text{руб.}$$

где  $C_{\text{о.с}}$  – финансовые средства на приобретение огнетушащих веществ, руб.;

$C_T$  – финансовые средства на приобретение горюче-смазочных материалов для пожарной техники, руб.

$$C_{\text{о.с.}} = W_{\phi} \cdot C_{\text{вод}}, \quad (4.7.3)$$

$$C_{\text{о.с.}} = 130 \cdot 30 = 3900 \text{руб.}$$

где  $W_{\phi} = 130 \text{м}^3$  – объем, вылитой воды при тушении;

$C_{\text{вод}} = 30 \text{руб} / \text{м}^3$  – стоимость одного  $1 \text{ м}^3$  воды.

Финансовые затраты на горюче-смазочные материалы определим по формуле:

$$C_T = P_T \cdot Ц_T \cdot T \cdot n, \quad (4.7.4)$$

$$C_T = 0,33 \cdot 35 \cdot 30 \cdot 10 = 3465 \text{руб.}$$

где  $C_T$  - цена литра топлива, 35 руб./л;

$P_T$  - расход топлива на один пожарный автомобиль, 0,33 л/мин (с учетом работы насоса);

$T$  – продолжительность работы техники, мин;

$n$  – количество единиц техники, ед.

Зарплату участников тушения пожара не учитываем, так как она не зависит от того, принимали они участие в тушении пожара либо нет.

Средства, затраченные на восстановление ТЦ, рассчитаем по формуле:

$$C_B = C_{B/\text{э}} + C_{B/\text{щ}} + C_{\Pi} + C_c, \quad (4.7.5)$$

$$C_B = 8322 + 13200 + 10185000 = 10206522 \text{руб.}$$

где  $C_{B/\text{э}}$  - затраты на монтаж электропроводки, руб.;

$C_{B/\text{щ}}$  - затраты на монтаж электрощитов, руб.;

$C_{\Pi}$  - затраты на перекрытие, руб.;

$C_c$  - затраты на стены, руб.

Затраты на монтаж электропроводки:

$$C_{B/\text{э}} = C_{\text{э}} \cdot V_{\text{э}} + R_{\text{э}} \cdot V_{\text{э}}, \quad (4.7.6)$$

$$C_{B/\text{э}} = 59,5 \cdot 76 + 50 \cdot 76 = 8322 \text{руб}$$

где  $C_{\text{э}}$  – средняя стоимость электрооборудования, 59,50 руб./м.;

$R_{\text{э}}$  – тариф на замену электропроводки 50 руб./м.;

$V_{\text{э}}$  - объем работ, 76 м.

Затраты на монтаж электрощитов:

$$C_{B/\text{щ}} = C_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}} + R_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}}, \quad (4.7.7)$$

$$C_{B/\text{щ}} = 2900 \cdot 3 + 1500 \cdot 3 = 13200 \text{руб}$$

где  $C_{\text{щ}}$  - стоимость электрощита, 2900 руб./шт.;

$R_{\text{щ}}$  – тариф на замену электрощита, 1500 руб./м.;

$V_{\text{ш}}$  - количество электрощитов подлежащих замене, 3 шт.

Затраты на ремонт перекрытия и стены определим по средней стоимости площади объекта и выгоревшей площади:

$$C_c + C_{\text{п}} = S_{\text{пож}} \cdot C_{\text{баз}}, \quad (4.7.8)$$

$$C_c + C_{\text{п}} = 291 \cdot 35000 = 10185000 \text{руб}$$

#### 4.8 Оценка социального ущерба

Ущерб вследствие неблагоприятной экологической обстановки оценивается по формуле:

$$Y_{\text{соц}} = Y_v + Y_{\text{б.л.}} + Y_{\text{пенс}}, \quad (4.8.1)$$

$$Y_{\text{соц}} = 7650000 + 22950000 + 459000 = 31059000 \text{руб}$$

где  $Y_{\text{соц}}$  – ущерб вследствие снижения производительности труда и дополнительных выплат пособий по временной и постоянной нетрудоспособности;

$Y_v$  – снижение торговой выручки из-за временной нетрудоспособности работников;

$Y_{\text{б.л.}}$  – выплаты по больничным листам в связи с временной нетрудоспособностью;

$Y_{\text{пенс}}$  – выплаты пенсий в связи с досрочным выходом на пенсию по болезни.

Снижение торговой выручки из-за временной нетрудоспособности работников

$$Y_v = B_{\text{см}} \cdot \sum t_i \cdot K_i \cdot \text{Ч}_{\text{ср.сп.}}, \quad (4.8.2)$$

$$Y_v = 15000 \cdot 255 \cdot (8 \cdot 0,06 + 22 \cdot 0,04 + 16 \cdot 0,04) = 7650000 \text{руб},$$

где  $B_{\text{см}} = 15000 \text{руб}$  – средняя прибыль торгового центра на 1 работающего;

$t_i$  – средняя продолжительность болезни по  $i$  – му профзаболеванию от общего числа работников;

$K_i$  – коэффициент, учитывающий процент заболевших  $i$ -м заболеванием от общего числа работников;

$Ч_{\text{ср.сп.}} = 255 \text{ чел.}$  – среднесписочная численность работников.

Количество заболеваний в процентах от  $Ч_{\text{ср.сп.}}$  и длительность заболевания в днях для разных заболеваний:

1. заболевание дыхательных путей – 6%,  $t_{\text{д.п.}} = 8 \text{ дн.}$ ;
2. заболевание легких – 4%,  $t_{\text{л.}} = 22 \text{ дн.}$ ;
3. заболевание органов пищеварения – 4%,  $t_{\text{о.п.}} = 16 \text{ дн.}$

Выплаты по больничным листам в связи с временной нетрудоспособностью:

$$Y_{\text{б.л.}} = 3П_{\text{см}} \cdot \sum t_i \cdot K_i \cdot Ч_{\text{ср.сп.}}, \quad (4.8.3)$$

$$Y_{\text{б.л.}} = 45000 \cdot 255 \cdot (8 \cdot 0,06 + 22 \cdot 0,04 + 16 \cdot 0,04) = 22950000 \text{ руб.},$$

где  $3П_{\text{см}} = 45000 \text{ руб.}$  – средняя заработная плата одного работающего.

Выплаты пенсий в связи с досрочным выходом на пенсию по болезни:

$$Y_{\text{пенс}} = B_{\text{мес}} \cdot 12 \cdot Ч_{\text{ср.сп.}} \cdot K_{\text{пенс}}, \quad (4.8.4)$$

$$Y_{\text{пенс}} = 15000 \cdot 12 \cdot 255 \cdot 0,01 = 4590000 \text{ руб.}$$

где  $B_{\text{мес}} = 15000 \text{ руб.}$  – средняя пенсия в месяц одного пенсионера;

$K_{\text{пенс}} = 1\%$  – коэффициент, учитывающий процент работников, выходящих на пенсию в связи с  $i$ -м профзаболеванием от числа заболевших.

Основные показатели расчетов по разделу «Финансовый менеджмент» сведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Результаты расчётов по разделу

Наименование	Стоимость/руб.
1. Полный ущерб	65 905 307,8
2. Прямой ущерб	24 632 420,8
3. Косвенный ущерб	10 213 887

4. Социальный ущерб	31 059 000
---------------------	------------

## **5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Под концепцией социальной ответственности понимается вид деятельности, при котором организация возлагает на себя ответственность перед обществом и государством за обеспечение деятельности норм и правил в области экологии, защиты от чрезвычайных ситуаций, предупреждения заболеваний и др.

Такой подход себя оправдывает, так как его основная идея – здоровьесбережение, что позволяет более эффективно осуществлять трудовую деятельность. При этом особое значение приобретают предприятия, на которых могут обращаться опасные или вредные вещества.

Основной целью раздела является изучение условий труда в ТЦ, анализ состояния производственной безопасности, что позволит повысить эффективность работы организации.

### **5.1 Производственная безопасность**

#### **5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов**

На посетителей торгового зала ТЦ, обслуживающий персонал (кассиры, контролеры, охранники) могут оказать воздействие такие опасные и вредные производственные факторы, как [42]:

- повышенное значение напряжения в электрической цепи;
- прямая и отраженная блескость;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- шум, вибрации;
- нервно-психические перегрузки.

Среди представленных в стандарте ГОСТ 12.0.003-15 «Система стандартов безопасности труда» (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасных и вредных факторов для данной деятельности был выбран перечень, представленный в таблице 12.

### 5.1.2 Нарушение микроклимата рабочего помещения

Параметры микроклимата существенно оказывают влияние на самочувствие и работоспособность людей, прежде всего, температура, влажность воздуха и скорость его движения.

Пониженная температура окружающего воздуха способствует более интенсивной теплоотдаче от организма и, соответственно, его переохлаждению. И наоборот, высокая температура приводит к перегреву организма.

Работа персонала ТЦ и деятельность его посетителей по энергозатратам соответствует категории работ Ia, что характеризуется невысокой физической деятельностью.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата для работ Ia представлены в таблицах 5.2 и 5.3 соответственно.

Таблица 5.2 – Параметры микроклимата для работ категории Ia

Период года	Категория (энергозатраты), ккал/ч	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %	Температура воздуха, С°
Теплый	Ia (до 139)	0,2	60-40	19-22
Холодный	Ia (до 139)	0,2	60-40	19-22

Таблица 5.3 – Оптимальные нормы микроклимата

Температура/С	Скорость движения воздуха, м/с	Влажность. % относ.
19-22	0,2	40-65

Таблица 5.4

## Допустимые параметры микроклимата для работ категории Ia

Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %	Температура воздуха, С°
0,5	20-80	15-28

Помещения ТЦ имеют, в основном, нормальное тепловыделение, а показатели микроклимата поддерживаются на уровне оптимальных значений.

Соответствующие условия поддерживаются на уровне оптимальных, благодаря центральному отоплению, вентиляции, подогреву и ежедневной уборке помещений ТЦ.

**5.1.3 Шум**

Допустимый уровень шума устанавливается требованиями ГОСТ 12.1.003-83 [43] и составляет 80 дБА.

Нормируемые значения для показателей шума являются:

- а) максимальные уровни звука;
- б) пиковый уровень звука;
- в) эквивалентный уровень звука в течение дня.

Превышение любого параметра является нарушением санитарно-гигиенических условий.

С учетом напряженности труда эквивалентные уровни звука определяются согласно табл. 5.5.

Таблица 5.5

Предельно допустимые уровни звука в зависимости от напряженности  
трудовой деятельности, дБА

Предельно допустимые эквивалентные уровни звука, дБА	
	Категории тяжести трудового прогресса



Категории напряженности трудового процесса	Тяжелый труд 1 степени	Легкая и средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 2 степени
Напряженный труд 1 степени	65	70	65
Напряженный труд 2 степени	—	60	—
Напряженный труд 3 степени	—	50	—
Напряженность легкой и средней степени	75	80	75

В случае превышения уровня звука выше 80 дБА осуществляется оценка риска здоровью и обосновывается соответствующий риск. Не допускается профессиональная деятельность в условиях, когда эквивалентный уровень звука составляет 85 дБА. В диапазоне 80-85 дБА осуществляется ряд компенсирующих мероприятий:

- обеспечение средствами индивидуальной защиты органов слуха (противошумные шлемы, наушники, заглушки, вкладыши, специальные костюмы);
- ограничение времени пребывания в помещениях;
- использование оборудования с меньшими шумовыми характеристиками;
- определение режима работы оборудования;
- применение защитных устройств на оборудовании (кожухи, экраны, амортизаторы и т.д.);
- производственный контроль виброакустических параметров;
- медицинские осмотры.

#### **5.1.4 ЭМИ**

Электромагнитное излучение есть практически везде. Источниками являются не только предметы бытового характера, но различные электронные устройства. Электромагнитное излучение при определённых уровнях может оказывать отрицательное воздействие на организм человека, а также

неблагоприятно влиять на работу электрических приборов. Санитарные правила и нормы "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)" устанавливают предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия на людей электромагнитных излучений в диапазоне частот 30 кГц - 300 ГГц и основные санитарно-гигиенические требования к разработке, изготовлению, приобретению и использованию источников ЭМИ. Предельно допустимая доза электромагнитного излучения для человека составляет 0,2 мкТл.

ПДУ воздействия также нормируются по времени относительно уровня воздействия.

Таблица 5.6

Уровни воздействия ЭМИ по времени

Электромагнитное излучение	
при напряженности эл.маг. поля 10 мкpBт/см <sup>2</sup>	время контакта – 8 часов
при напряженности эл.маг. поля 10-100 мкpBт/см <sup>2</sup>	время контакта не более 2 часов
при напряженности эл.маг. поля 100-1000 мкpBт/см <sup>2</sup>	время контакта не более 20 минут
для населения	1 мкpBт/см <sup>2</sup>

СКЗ:

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника заземленным металлическим ограждением.

СИЗ:

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя очки из металлической решетки и специальную одежду, выполненную из

металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

Контроль за уровнями ЭМИ возложен на органы санитарного надзора и инспекцию электросвязи. Защита от действия ЭМИ осуществляется рядом мероприятий:

- экранирование (активное и пассивное; источника электромагнитного излучения или же объекта защиты; комплексное экранирование).
- удаление источников из ближней зоны; из рабочей зоны.
- конструктивное совершенствование оборудования с целью снижения используемых уровней ЭМП, общей потребляемой и излучаемой мощности оборудования.
- ограничение времени пребывания операторов или людей в зоне действия ЭМП.

## **5.2 Опасные факторы производственной среды**

К опасным факторам можно отнести поражение электрическим током, повышенный уровень статического электричества, при возникновении пожара – поражение опасными факторами пожара.

### **5.2.1 Опасные факторы пожара**

Пожарно-техническая классификация зданий, сооружений и пожарных отсеков применяется для установления требований пожарной безопасности к системам обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений в зависимости от их функционального назначения и пожарной опасности.

Основные характеристики торгового центра:

- класс функциональной пожарной опасности здания – Ф3.1;
- класс конструктивной пожарной опасности здания – С0;

- степень огнестойкости центра – II.

Система пожарной безопасности предусматривает комплекс мероприятий, исключающих вероятность превышения предельно допустимых значений пожарного риска и направлена на предотвращение получения людьми травм, обусловленных пожаром (ст.5, [26]).

Опасными факторами пожара являются (ст.6 [26]):

- повышенная температура;
- снижение видимости в результате дыма;
- пониженная концентрация кислорода воздуха;
- повышенная концентрация токсичных продуктов сгорания;
- тепловое воздействие;
- искры и пламя.

Предельно допустимыми значениями опасных факторов пожара приводятся удельные значения показателей, представленных в таблице 5.1 согласно [27, 28].

Таблица 5.1

Предельно допустимые значения опасных факторов пожара

Опасные факторы пожара (обозначение, размерность)	Предельно допустимые значения
Предельное значение плотности угарного газа, г/м <sup>3</sup>	1,16
Критическое значение теплового потока, кВт/м <sup>2</sup>	1,4
Повышенная температура, t, °C	+70
Предельное значение плотности кислорода, г/м <sup>3</sup>	226
Предельное значение плотности соляной кислоты, мг/м <sup>3</sup>	23
Потеря видимости, м	20

Предельное значение плотности углекислого газа, г/м <sup>3</sup>	110
--	-----

Кроме того, в ходе пожара могут возникнуть сопутствующие опасные факторы:

- поражающие факторы взрывных превращений, возникших в результате пожара;
- элементы поврежденных транспортных средств, зданий, сооружений, оборудования, изделий, установок и другого имущества, осколки,;
- опасные и вредные вещества, вышедшие в результате разгерметизации технологического оборудования, установок, агрегатов и другого имущества, в окружающую среду;
- занос высокого потенциала на токопроводящие элементы оборудования;
- воздействие огнетушащих средств, в результате которого повреждается имущество, возникают локальные подтопление в результате пролившейся воды.

Расчет времени наступления поражающих факторов пожара для рассматриваемого помещения (игровой комнаты) и план эвакуации приведены в подразделе 3.1.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует

располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Площадь рассматриваемого здания с учетом всех этажей составляет 91000 м<sup>2</sup>. Поэтому минимальное количество огнетушителей на торговый центр составляет 114 шт. При этом рекомендуются порошковые огнетушители вместимостью 5 л (ОП-5).

Местами установки огнетушителей являются коридоры, служебные помещения, торговые помещения с таким расчетом, чтобы расстояние между ними не превышало 40 м.

### **5.2.2 Электробезопасность**

В соответствии с действующими нормами (ПУЭ п.1.1.13) помещения торговых центров относятся к первому классу опасности – без повышенной опасности.

Безопасные номиналы:

$I=0,1$  А.

$U=42$  В.

$R=4$  Ом.

Наибольшую опасность в ТЦ может представлять оборудование, находящееся под напряжением. Порядок устройства электрического оборудования определяется требованиями действующих технических нормативных правовых актов.

Основными способами защиты от поражения электрическим током являются:

- защитное отключение;
- изоляция токоведущих частей;
- электрическое разделение сетей разного напряжения;
- защитное заземление ( $R<4$  Ом);

- зануление;
- обеспечение диэлектрическими средствами защиты (перчатки, боты, инструменты с изолирующими ручками, резиновый коврик, деревянная лестница, указатель напряжения).

### **5.2.3 Защита людей при пожаре в торговом центре**

С 1 февраля 2019 года в России действует национальный стандарт ГОСТ Р 58202-2018 [35] по обеспечению объектов с массовым пребыванием людей средствами индивидуальной защиты.

Документ определяет порядок оснащения организаций и учреждений, согласно которому средствами защиты обеспечивается не только персонал организаций, но и пребывающие в них граждане.

Согласно стандарту, торговые центры, заведения общественного питания должны иметь необходимое количество самоспасателей, огнестойкие накидки, которые могут быть использованы для первичного тушения возникшего пожара.

Самоспасателем называется средство индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от токсичных продуктов горения в течение заявленного времени защитного действия при эвакуации из производственных, административных и жилых зданий, помещений во время пожара.

Специальная огнестойкая накидка – средство индивидуальной защиты, предназначенное для защиты кожных покровов человека от воздействия открытого огня, теплового потока, контакта с нагретыми поверхностями, а также для защиты одежды от возгорания и для тушения очагов возгорания в качестве противопожарного покрывала. Накидка также может быть использована для переноски пострадавших людей и людей с ограниченной подвижностью в качестве носилок при эвакуации во время пожара.

В торговых центрах средства индивидуальной защиты размещаются:

- в торговых помещениях;
- у эвакуационных выходов (путей), площадок.

Нормы и правила размещения различных видов средств индивидуальной защиты в зданиях и сооружениях должны осуществляться в соответствии с нормами положенности.

При этом общее количество самоспасателей, их размещение и условия применения должны обеспечивать безопасность людей в течение времени, необходимого для эвакуации в безопасную зону.

Места нахождения средств индивидуальной защиты обозначаются соответствующим образом.

Здания класса ФЗ.1 должны быть оснащены самоспасателями в количестве, определяемом по методике приложения А [35].

Необходимое количество средств индивидуальной защиты для эвакуации людей во время пожара можно рассчитать по следующей формуле:

$$n = N \cdot (1 - k) \cdot m, \quad (5.1)$$

где  $n$  - необходимое количество средств индивидуальной защиты на объекте;

$N$  - максимальное количество людей на объекте (в помещении);

$k$  - доля людей, эвакуирующихся в безопасную зону до наступления критических значений любого из опасных факторов пожара;

$m$  - коэффициент, учитывающий размер необходимого запаса средств индивидуальной защиты. Величину устанавливает руководитель учреждения организации.

Значение  $k$  для объекта определяется следующим образом:

$$k = 1, \text{ при } (t_p + t_{н.э.}) \leq t_{бл} \quad (5.2)$$

$$k = 0, \text{ при } t_p \geq t_{бл}$$

$$k = (t_{бл} - t_p) / t_{н.э.}, \text{ при } t_p < t_{бл} < t_p + t_{н.э.}$$

где  $t_p$  - расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{н.э.}$  - интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации, мин;



$t_{\text{бл}}$  - время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара, имеющих критические значения.

Требуемое количество средств индивидуальной защиты выполним для помещения игровой комнаты.

Так как,  $t_p = 0,675 \text{ мин} < t_{\text{бл}} = 0,84 < t_p + t_{\text{н.э.}} = 0,675 + 0,5 = 1,175 \text{ мин}$ , то  
 $k = (0,84 - 0,675) / 0,5 = 0,33$

Максимальное количество людей в игровой комнате  $N = 56 \text{ чел.}$

Коэффициент, учитывающий размер необходимого запаса средств индивидуальной защиты примем равным:  $m = 1,1$ .

Тогда, общее количество средств индивидуальной защиты составит:

$$n = 56 \cdot (1 - 0,33) \cdot 1,1 = 42 \text{ ед}$$

Эффективность защиты людей также обеспечивается своевременной и безопасной их эвакуацией при пожаре.

Схема эвакуации из игровой зоны торгового центра приведена на рисунке 3.1.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В ТЦ может образовываться ряд отходов, включая: бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника.

Переработку отходов осуществляют в два этапа.

На первом этапе отходы подлежат сортировке, измельчению, а также очистке от включенных примесей.

На втором этапе осуществляется упаковка и отправки отходов по соответствующим адресам.

Перегоревшие лампы помещают в упаковочный материал для исключения их механического повреждения. Отработанные энергосберегающие

ртутьсодержащие лампы направляют на предприятие по утилизации ртутьсодержащих материалов.

Непригодные для использования средства оргтехники относятся к IV классу опасности и подлежат специальной утилизации. Примерно 90% оргтехники повторно перерабатывается.

Утилизация пластмассовых изделий, проводов осуществляется поэтапно:

1. Извлечение опасных компонентов.
2. Удаление пластмассовых частей.
3. Сортировка и измельчение пластмасс.
4. Измельчение оставшихся частей оргтехники.
5. Сортировка измельченных частей (пластик, железные части, цветные металлы).

В результате вторичной обработки оргтехники отходы могут быть снова использованы в производстве нового оборудования и материалов.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Основным источником природных чрезвычайных ситуаций являются неблагоприятные гидрометеорологические условия, прежде всего сильные морозы в зимнее время.

В интересах обеспечения устойчивой работы ТЦ в условиях опасных погодных явлений планируются и осуществляются следующие организационные мероприятия:

1. Уплотнение оконных и дверных проемов, задраивание чердачных проемов и закрытие вентиляционных отверстий.
2. Создание запасов медикаментов для оказания первой помощи, подготовка переносных средств освещения.
3. Сохранение тепла
4. Приобретение и монтаж дизельного электрогенератора, газовых катализаторных калориферов с газовыми баллонами, суточный запас питьевой и технической воды.

Техногенными источниками чрезвычайных ситуаций (ЧС) на рабочем месте может быть несанкционированный доступ посторонних.

В целях предотвращения данного источника ЧС необходимо:

1. оборудовать офис системой видеонаблюдения;
2. оборудовать офис системой сигнализации, «тревожной» кнопки;
3. организовать круглосуточную охрану;
4. обеспечить надёжную систему связи.

Для ТЦ реализуется комплекс мероприятий по обеспечению его антитеррористической защищенности, включая:

- организационные мероприятия по обеспечению антитеррористической защищенности торгового объекта (территории);
- определение и устранение причин и условий, способствующих совершению на торговом объекте и его территории террористического акта;
- применение информационно-коммуникационных технологий для обеспечения безопасности торгового объекта и его территории;
- оборудование торгового объекта и его территории необходимыми инженерно-техническими средствами охраны;
- контроль соблюдения требований по обеспечению антитеррористической защищенности объекта;
- обеспечение готовности охраны и работников объекта к действиям при угрозе совершения и при совершении террористического акта.

Организационные мероприятия включают:

- определение должностных лиц, ответственных за антитеррористическую защищенность торгового объекта;
- проведение учений и тренировок с работниками торгового объекта по подготовке к действиям при угрозе совершения и при совершении террористического акта;
- разработку организационно-распорядительных документов по организации охраны, пропускного и внутриобъектового режимов на торговом

объекте;

- контроль за выполнением требований по обеспечению охраны и защиты торгового объекта, уровнем подготовленности охраны к действиям при угрозе и при совершении террористического акта;

- информирование работников объекта о требованиях к антитеррористической защищенности и содержании организационно-распорядительных документов относительно пропускного и внутриобъектового режимов.

Инженерная защита осуществляется на всех этапах их функционирования торгового объекта (территория) и включает оборудование объекта:

- системой освещения;
- системой оповещения и управления эвакуацией;
- системой видеонаблюдения.

Территория объекта оборудуется информационными табло, содержащими схему эвакуации при возникновении чрезвычайных ситуаций, номера телефонов соответствующих должностных лиц, ответственных за антитеррористическую защиту объекта, номера телефонов аварийно-спасательных служб, правоохранительных органов и органов безопасности.

Система видеонаблюдения обеспечивает непрерывное видеонаблюдение за состоянием обстановки на территории, архивирование и хранение данных.

Система оповещения обеспечивает оперативное информирование людей об угрозе совершения или о совершении на торговом объекте террористического акта.

Оповещатели должны обеспечить установленную слышимость для всей территории торгового предприятия. Также необходимо пути эвакуации содержать свободными для эвакуации людей и перемещения транспортных средств.

В интересах антитеррористической защищенности осуществляется физическая охрана на объекте. Для обеспечения мероприятий охраны

привлекаются специализированные предприятия.

Кроме того, на объекте предусматриваются кнопки экстренного вызова (тревожная сигнализация) для вызова вневедомственной охраны и объектовой охраны.

При угрозе террористического акта осуществляются мероприятия по усилению соответствующего режима противодействия терроризму.

### **5.5 Перечень нормативно-технической документации**

Согласно законодательству [38] организация обеспечения безопасности возлагается на заместителя руководителя ТЦ по хозяйственной части. На него возлагается обязанность проводить инструктажи по охране труда. Общую ответственность несет руководитель ТЦ, а в его отсутствие – главный инженер.

Анализ опасных и вредных факторов позволяет сделать вывод, что в организации, в основном, выполняются требования технических нормативных правовых актов, что подтверждает безопасность ТЦ.

1. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [43].

2. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы [42].

3. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 Руководство по социальной ответственности [45].

4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [47].

5. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [37].

6. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [44].

7. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [46].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Противопожарная защита ТЦ осуществляется через систему реализуемых противопожарных требований. При этом особое внимание уделяется вопросам организации пожаротушения. От того, насколько качественно разработана оперативно-служебная документация, проработаны вопросы организации тушения пожара, организации эвакуации зависит эффективность соответствующих мер.

Прошло более трех лет со дня ужасной трагедии, случившейся в Кемерово, где на пожаре в ТЦ «Зимняя вишня» погибли более 60 человека, включая 41 ребенка.

Причиной трагедии стали [41]:

- недостаточная ширина коридоров и лестничных клеток;
- размещение детских зон в ТЦ выше второго этажа;
- отсутствие проемов для удаления дыма и проведения аварийно-спасательных работ;
- недостаточное количество эвакуационных выходов с этажей;
- в момент пожара система пожарной автоматики находилась в выключенном состоянии, при этом системы пожаротушения и дымоудаления вообще отсутствовали.

Также специалистами отмечаются существенные нарушения режимных требований [41]:

- закрытие на момент пожара лестничных клеток и их использование для хранения горючих веществ и материалов;
- отсутствие знаний и навыков у обслуживающего персонала правильным действиям в условиях пожара.

В результате выполнения выпускной работы поставленные цели и задачи достигнуты:

- изучено состояние противопожарной защиты ТЦ и основные проблемы обеспечения их пожарной безопасности, показавший что

50% объектов (свыше 30 тыс.) имеют серьезные упущения в обеспечении и ряд различных нарушений, что свидетельствует о необходимости пересмотра нормативных правовых актов в области пожарной безопасности;

- произведен анализ статистических данных по пожарам, который показал, что за 5 лет (в период с 2015 по 2019 год) на территории России на торговых объектах произошло 1774 пожара, что составило 2,1% от общего числа произошедших пожаров. В период с 2016 по 2018 год материальный ущерб от пожаров увеличился в связи с пожарами, которые полностью или практически полностью уничтожили объект торговли;
- рассмотрен сценарий условного пожара, произошедшего в помещении игровой комнаты. Определены необходимые силы и средства для тушения (требуемое количество стволов – 10; необходимый запас воды - 130 м<sup>2</sup>; количество участников тушения пожара - 47 человек; число пожарных автомобилей, подлежащих установке на водоисточники – 2), а также установлен автоматический номер №3 вызова на пожар. Необходимое количество воды для тушения пожара на объекте имеется, требуемый напор воды на стволе будет обеспечен;
- проанализированы вопросы эвакуации людей из игровой комнаты, определено критическое время наступления опасных факторов пожара, которое равно времени наступления потери видимости в игровой комнате (1,1 мин). Фактическое время эвакуации составило 0,675 мин, что меньше требуемого, следовательно, все дети успеют своевременно покинуть помещение до наступления в нем опасных факторов;
- предложены мероприятия по предупреждению и ликвидации пожаров на торговых объектах, в числе которых оборудование

установками пожарной автоматики, системами противодымной защиты, а также применение средств коллективной и индивидуальной защиты, и применение первичных средств пожаротушения.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 22.07.2008г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» Электронный ресурс. Справочно-правовая система КонсультантПлюс. Consultant.ru.
2. СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» с изм.№1. Электронный ресурс. Бесплатная библиотека документов, norm-load.ru.
3. СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» Электронный ресурс. Бесплатная библиотека документов. norm-load.ru.
4. СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности». Электронный ресурс. Бесплатная библиотека документов, norm-load.ru.
5. СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям». Электронный ресурс. Бесплатная библиотека документов. norm-load.ru.
6. СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» в редакции изм. №1 утв. приказом МЧС РФ от 1.06.2011 № 274. Электронный ресурс. Бесплатная библиотека документов, norm-load.ru.
7. Ляпин А. А., Семенов А. О. Особенности тушения пожаров в торговом центре «Воздвиженка» г. Иваново / Актуальные вопросы пожаротушения : сборник материалов Всероссийского круглого стола, Иваново, 15 мая 2020 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С.95-98

8. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2019, - 125 с.: ил. 42.

9. Присадков, В. И. К вопросу обеспечения пожарной безопасности торгово-развлекательных центров / В. И. Присадков, С. В. Мусликова, В. Е. Фадеев // Современные проблемы гражданской защиты. – 2020. – № 1(34). – С. 49-59.

10. Теребнёв В. В., Артемьев Н. С., Думилив А. И. Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга 1: Жилые и общественные здания и сооружения. — М.: Пожнаука, 2006. – 314 с.

11. Повзик Я.С. Пожарная тактика. М.: ЗАО «Спецтехника», 2004.

12. Кимстач И. Ф., Девлишев П. П., Евтюшкин Н. М. Пожарная тактика. М.: Стройиздат, 1984. – 590 с.

13. Повзик Я. С., Теребнёв В. В., Некрасов В. Б. Пожарная тактика в примерах. – М.: Стройиздат, 1991. – 305 с.

14. Цекоев А.Ч., Царитов А.В., Бородин В.А. Тактические действия подразделений при тушении пожаров в торгово-развлекательных комплексах / Актуальные вопросы пожаротушения : сборник материалов Всероссийского круглого стола, Иваново, 15 мая 2020 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 154 – 156

15. Клименти, Н. Ю. Пожарная тактика. Особенности ведения тактических действий по тушению пожаров на различных объектах [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. Ю. Клименти, О. С. Власова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Электронные текстовые и графические данные (3,9 Мбайт). – Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. – Учебное электронное издание. – Систем. требования: РС 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. – Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-

строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/online/> – Загл. с титул. экрана.

16. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 16.10.2017 N 444 (ред. от 28.02.2020) «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» // [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/542610435>. Дата обращения: 12.05.2020 г

17. Федоринов А. В. Исследование и обоснование выбора противопожарной защиты общественных зданий с большими внутренними объемами: атриумам: дис. ... канд. техн. наук. М., 2002. 123 с.

18. Hansenand G. O., Morgan H. P. Design approaches for smoke control in atrium buildings. Building research establishraten report.CI/sfb 981 (1<23) 1994.

19. Мироненко Р. В. Ограничение распространения пожара через многосветные помещения по зданиям торгово-развлекательных центров: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2017. 24 с.

20. Мироненко Р. В., Кирюханцев Е. Е. Условия развития пожара через многосветные помещения // Пожарная безопасность. 2017. № 2. С. 108–113.

21. Присадков В. И. Разработка методов выбора рациональных вариантов систем противопожарной защиты промышленных зданий: дис. ... д-ра. техн. наук. М. 1990. 540 с.

22. Пронин Д. Г. Научно-техническое обоснование размеров пожарных отсеков в зданиях и сооружениях. М.: Пожнаука. 2014. 104 с

23. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. М.: ВНИИПО, 2009. 105 с.

24. СП 241.1311500.2015. Системы противопожарной защиты. Установки водяного пожаротушения высотных стеллажных складов автоматические. Нормы и правила проектирования. М.: ВНИИПО, 2015. 15 с

25. Красавин А. В., Крепышев С. А., Медяник М. В. Аналитический обзор специальных технических условий для объектов нефтегазовой промышленности // Пожаровзрывобезопасность. 2018. №2-3. Т. 27. С. 14-19.

26. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Текст] : федер. закон : [принят 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ] [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902111644>

27. Пожарная безопасность. Общие требования [Текст] : ГОСТ 12.1.004-91 : утв. Госстандарт СССР 14.06.91 : ввод. в действие с 14.06.91 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-004-91-ssbt>

28. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Текст] : приказ МЧС России : [принят 30 июня 2009 г. № 382] [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902320377>

29. Пожарная нагрузка. Справочник : СИТИС-СПН-1. Строительные Информационные Технологии и Системы, 2014. 53 с

30. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Текст] : приказ МЧС России : [принят 30 июня 2009 г. № 382] [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902320377>

31. СП. 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности. - М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 41 с.

32. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий. Методические рекомендации к СП 7.13130.2013. - М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2013. – 58 с.

33. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. - М.: Минрегион России, 2012. – 108 с.

34. Мустафина А.С. Экономика безопасности труда: учебно-методическое пособие для студентов вузов. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2005. – 72 с.

35. Производственные услуги. Средства индивидуальной защиты людей при пожаре. Нормы и правила размещения и эксплуатации. Общие требования [Текст] : ГОСТ Р 58202-2018 : утв. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии 14.08.2018 : ввод. в действие с 01.02.2019 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200160175>

36. Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации [Текст] : СП 9.13130.2009 : утв. приказом МЧС России 25.03.2009 : ввод. в действие с 01.10.2009 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200071152>

37. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2018. – 116 с.

38. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 01.04.2019) [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/). Дата обращения: 24.05.2021 г.

39. Приказ Министерства энергетики РФ от 13.01.2003 N 6 (ред. от 07.03.2019) «Об утверждении Правил технической эксплуатации

электроустановок потребителей» // [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901839683>. Дата обращения: 24.05.2021 г

40. РД 25964-90 Система технического обслуживания и ремонта автоматических установок пожаротушения, дымоудаления, охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Организация и порядок проведения работ // [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004838>. Дата обращения: 24.05.2021 г

41. Булва, А.Д. Эвакуация и поведение людей при пожаре на объектах с массовым пребыванием: анализ факторов, условий, рекомендации [Электронный ресурс] : Охрана труда и социальная защита: научный, производственно-практический журнал. – 2018 №7 (43). Библиотечка (электронное приложение).

42. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация : ввод. в действие с 01.03.2017 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>. Дата обращения: 24.05.2021 г

43. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1) / База данных «Кодекс». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/?nd=5200291&searchType=phrase&query=%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%2012.1.003-83%20>, публичное пользование ограничено. – Загл. с экрана (дата обращения 24.05.2021).

44. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: Стандартиформ, 2001. – 4 с.

45. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 Руководство по социальной ответственности : ввод. в действие с 15.03.2013 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021.

Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200097847>. Дата обращения: 24.05.2021 г

46. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : ввод. в действие с 01.01.1989 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608>. Дата обращения: 24.05.2021 г

47. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы : ввод. в действие с 03.06.2003 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. дан. – 2021. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901865498>. Дата обращения: 24.05.2021 г